UNDO PIZZOFALCONE

BIBLIOTECA PROVINCIALE

Armadio

Palchetto

Num.° d' ordine

NAZIONALE
B. Prov.
I
1.686
R. BIBLIOTECA
VITT. EM. III
NAPOLI

BE
I
186

Digitized by Google

Digitized by Google

ÉCONOMIE RURALE

CONSIDÉRÉE

DANS SES RAPPORTS AVEC LA CHIMIE,

LA PHYSIQUE ET LA MÉTÉOROLOGIE

Digitized by Google

Corbeil, typographie de Crété.

Digitized by Google

607265

ÉCONOMIE RURALE

CONSIDÉRÉE DANS SES RAPPORTS

AVEC LA CHIMIE, LA PHYSIQUE

ET LA MÉTÉOROLOGIE,

PAR

J. B. BOUSSINGAULT,

Conseiller d'Etat; Membre de l'Académie des Sciences, de l'Institut national, du Conseil général de l'Agriculture, des Manufactures et du Commerce; Officier de la Légion d'honneur; Membre de l'Académie royale des Sciences de Stockholm; de la Société impériale d'Économie rurale de Moscou; de la Société chimique de Londres; des Académies et Sociétés d'Agriculture de Suède, de Turin, d'Utrecht, de New-York, du département de l'Allier; de la Société nationale et centrale d'Agriculture; de la Société Philomathique, etc.

Deuxième Édition

REVUE, CORRIGÉE ET AUGMENTÉE.

TOME SECOND.

ISTITUTO ORIENTALE NAPOLI BIBLIOTECA M. RIPA

PARIS,

BÉCHET JEUNE, LIBRAIRE-ÉDITEUR,

20, RUE MONSIEUR-LE-PRINCE,

ci-devant place de l'École de Médecine.

1851

BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III" NAPOLI

Digitized by Google

CHAPITRE IX.

DES ENGRAIS MINÉRAUX.

Les engrais d'origine organique laissent, quand on les brûle, des cendres composées de matières terreuses et de sels alcalins. L'action de ces diverses substances sur la végétation est de la dernière évidence ; et il est certain qu'un engrais organique, fût-il le plus riche en principes azotés, le plus facilement assimilable, serait néanmoins incomplet s'il ne renfermait encore les matières minérales que les plantes exigent du sol pour se développer et atteindre leur maturité. Les engrais organiques réputés les plus actifs sont toujours abondamment pourvus de principes inorganiques ; le fumier de ferme en contient plus du quart de son poids, et les eaux d'irrigation renferment constamment des sels en dissolution.

Cependant, les cultures répétées peuvent finir par enlever au sol la plus grande partie des substances minérales utiles. Les sels contenus dans les fumiers sont quelquefois insuffisants : il faut donc, dans certains cas, en pourvoir la terre, soit pour réparer les pertes, soit pour activer des cultures spéciales.

La pratique a devancé la science dans l'application des engrais ou amendements minéraux. Si l'effet utile qu'ils produisent ne peut être contesté; si les circonstances dans lesquelles il convient de les administrer, les conditions et les doses sous lesquelles il faut les donner à la terre, ont été de la part des cultivateurs l'objet d'observations longues et attentives, on doit convenir qu'on est encore loin de comprendre bien nettement comment ils agissent : c'est un motif de plus pour les étudier avec persévérance.

Chaux.

En examinant les terrains sous le rapport de leur constitution, nous avons remarqué qu'il en est dans lesquels le principe calcaire manque, ou ne se trouve que dans une proportion insignifiante; d'autres, au contraire, en sont abondamment pourvus, et l'observation semble prouver que la présence du carbonate de chaux ajoute toujours à leur qualité. La plupart des bonnes terres à froment en contiennent en effet une certaine quantité.

On introduit la chaux dans le sol à l'état de chaux calcinée ou caustique : c'est le chaulage proprement dit. On l'applique aussi à l'état de carbonate plus ou moins argileux, de *marne* : cette application constitue le marnage.

La chaux s'obtient en calcinant la pierre calcaire. L'acide carbonique se dégage par l'action de la chaleur, et il reste de la chaux vive. En opérant avec

précision sur du carbonate de chaux d'une pureté parfaite, en le chauffant, par exemple, dans un creuset de platine porté et maintenu au rouge blanc, on trouve que 100 parties de ce sel donnent :

56,3 de chaux caustique,

en laissant dégager

43,7 d'acide carbonique.

Mais les pierres à chaux sont loin d'avoir toujours cette composition simple ; elles renferment très-souvent de l'argile, du sable, des oxydes métalliques, quelquefois aussi des matières charbonneuses. Enfin, le carbonate de chaux se rencontre fréquemment associé au carbonate de magnésie, et constitue une espèce minérale désignée par le nom de *dolomie*.

La chaux carbonatée est une des roches les plus communes : elle constitue des chaînes de montagnes, et on la trouve dans toutes les formations de la série géologique. Tantôt elle est en masse cristalline, grenue, à texture saccharoïde, comme dans les terrains les plus anciens. Tantôt, et c'est son état le plus ordinaire, elle est compacte, à cassure unie et mate, comme dans les roches secondaires, occupant alors des bassins très-étendus de l'époque la plus récente : tels sont les gisements de la craie et du calcaire coquillier des environs de Paris.

La substance minérale avec laquelle on peut confondre le calcaire est le sulfate de chaux ; mais il est aisé de distinguer ces deux sels : le carbonate se dissout dans l'acide chlorhydrique, en produi-

sant une effervescence qui se prolonge pendant toute la durée de la dissolution; le sulfate de chaux pur n'est pas effervescent, et si à la première impression de l'acide il se fait un dégagement gazeux dû à l'impureté de la matière, ce dégagement cesse bientôt. Le sulfate de chaux est très-sensiblement soluble, et sa dissolution précipite par l'addition de quelques gouttes d'acide oxalique ou d'un oxalate. Le carbonate de chaux est insoluble. La dureté est très-différente dans les deux sels; aussi, une propriété fort simple, tirée de ce caractère, suffit pour les distinguer : on raye facilement avec l'ongle le sulfate de chaux, tandis que le carbonate ne se laisse pas entamer par le même moyen.

La calcination de la pierre à chaux s'exécute dans des fourneaux de diverses formes, selon la nature du combustible employé. L'intérieur de la chauffe consiste le plus communément en un vide conique, dont le sommet se trouve dans la partie inférieure. Le calcaire est disposé en morceaux dans cet espace; au-dessous de la grille qui le supporte, on entretient un feu de bois, de manière à porter toute la masse à la chaleur rouge. Souvent aussi on stratifie la pierre à chaux avec le combustible : c'est de cette façon que l'on cuit avec la menue houille, avec le lignite.

On estime que pour obtenir un mètre cube de chaux, on consomme un stère de bois de corde, pouvant être remplacé par deux mètres cubes de bonne tourbe, ou par un mètre cube de houille.

La chaux pure est blanche, très-caustique, infusible au feu de forge le plus intense. L'eau en dissout à froid environ 1/630; elle est moins soluble dans l'eau bouillante, qui n'en prend que 1/1270. Quand on l'arrose avec de l'eau, en l'éteignant, comme on dit vulgairement, elle l'absorbe, la solidifie, et la température du mélange s'élève à près de 300°; on obtient ainsi une combinaison d'eau et de chaux, un hydrate. La chaux une fois hydratée est beaucoup moins caustique qu'avant son extinction; elle conserve cependant toutes ses propriétés alcalines.

On distingue dans les arts :

La chaux grasse, dont le volume augmente considérablement quand on l'éteint. On s'en sert pour faire les mortiers destinés aux constructions.

La chaux hydraulique, possédant la précieuse propriété de se solidifier sous l'eau, après quelques jours d'immersion. Cette chaux *foisonne* moins que la précédente, et dégage moins de chaleur pendant son extinction.

Les belles recherches de M. Vicat ont montré que la faculté de durcir par le contact de l'eau dépend de la présence d'une certaine proportion d'argile dans la pierre à chaux. Par la calcination, les éléments de l'argile, la silice et l'alumine, réagissent sur la chaux; il se forme des silicates de chaux et d'alumine avec excès de base. Par l'extinction, ces matières fixent de l'eau de constitution et se solidifient. Comme ces silicates sont insolubles, ils se conservent sans altération sensible, alors même qu'ils

sont submergés. De nombreuses analyses ont prouvé que la chaux est déjà suffisamment hydraulique, quand la pierre avec laquelle on la prépare renferme 0,15 à 0,20 d'argile; une pierre calcaire contenant 0,30 d'argile donne une chaux hydraulique au plus haut degré.

Les chaux maigres, comme les chaux hydrauliques, foisonnent très-peu et ne dégagent presque aucune chaleur quand on les éteint; mais elles présentent cette différence essentielle, qu'elles ne se solidifient pas sous l'eau : par cette raison, elles ne sont d'aucune utilité. La chaux maigre provient des pierres calcaires dans lesquelles se trouve une forte proportion de carbonate de magnésie (1). On assure que cette chaux magnésienne, portée sur les terres, est nuisible à la végétation; ce fait mériterait toutefois d'être constaté par des expériences directes.

Il n'est pas sans intérêt de connaître la nature de la pierre calcaire, soit qu'on la destine à la fabrication de la chaux, soit qu'on doive la répandre directement sur le sol. M. Berthier indique un moyen d'analyse suffisamment exact pour le but que peut se proposer un cultivateur, en entreprenant ce genre de recherche.

On délaye dans un peu d'eau 10 grammes de la pierre calcaire réduite en poudre et passée au tamis; on ajoute peu à peu, en agitant continuellement, de l'acide acétique, qu'on peut remplacer, au besoin,

(1) Berthier, *Traité des Essais par la voie sèche*, t. I, p. 612.

par les acides nitrique ou chlorhydrique convenablement étendus. On cesse d'introduire de l'acide quand le magma ne fait plus effervescence. On évapore à une douce chaleur, jusqu'à consistance un peu épaisse, afin de se débarrasser de la plus grande partie de l'acide mis en excès. On délaye dans un demi-litre d'eau; on filtre, pour rassembler et laver l'argile, que l'on pèse quand elle est desséchée à l'air; on la calcine au rouge dans un creuset; puis on la pèse de nouveau : la perte qu'elle éprouve par la calcination représente l'eau qui s'y trouvait combinée. Dans la liqueur filtrée on verse de l'eau de chaux tant qu'il forme un précipité; on filtre aussi rapidement que possible, et on lave le dépôt retenu sur le papier avec de l'eau distillée ou de l'eau de pluie (1). Ce précipité est de la magnésie, mêlée aux oxydes de fer et de manganèse, s'il s'en trouve dans la pierre examinée; on calcine au rouge et l'on pèse. Maintenant on prend 5 autres grammes de la pierre calcaire, on les calcine à la chaleur blanche dans un creuset de platine, et l'on détermine le poids du résidu; ce qui manque répond à l'acide carbonique et à l'humidité chassés par l'action du feu. Comme on a opéré seulement sur 5 grammes, pour connaître la quantité de chaux contenu dans le résidu, il ne s'agira plus que de retrancher du double de ce poids celui de l'argile dosé directement.

(1) Dans le plus grand nombre des analyses de cette nature, on peut remplacer l'eau distillée par l'eau de pluie ou l'eau de neige.

Voici, d'après M. Berthier, la composition de diverses pierres calcaires produisant de la chaux grasse et de la chaux hydraulique (1).

DÉSIGNATION DU CALCAIRE		CHAUX.	MAGNÉSIE.	OXYDE de fer.	ARGILE et quartz.	ACIDE carbonique.	CARBONATE de chaux.	MATIÈRES étrangères.
PIERRES CALCAIRES produisant de la chaux grasse.	Marbre blanc de Carrare	55,4	0,4	»	1,0	43,2	98,1	1,9
	Calcaire du Jura	54,6	0,9	»	1,5	43,0	96,5	3,5
	Calcaire grossier de Paris	55,6	»	»	1,5	42,9	98,5	1,5
	Calcaire d'eau douce de Nemours	54,8	0,9	»	1,0	43,3	97,0	3,0
	Calcaire d'eau douce d'OEningen	50,4	1,8	»	6,9	40,9	89,3	10,7
PIERRES CALC. donnant de la chaux hydraul.	Calcaire du Jura (Chaulnay)	50,5	1,4	»	7,8	40,3	89,2	10,8
	Calcaire du Jura (St-Germain)	52,4	0,2	»	7,6	39,8	85,8	14,2
	Calcaire de Nismes	45,7	1,9	»	13,4	38,0	82,5	17,6
	Calcaire de Metz	43,2	1,6	2,7	15,9	36,8	76,5	23,5

On admet en général qu'un sol dans la composition duquel il n'entre pas une quantité suffisante de matière calcaire ne parvient jamais à acquérir un haut degré de fertilité. C'est surtout l'opinion des cultivateurs anglais, qui appliquent la chaux avec une sorte de prodigalité ; et les grandes améliorations qui sont résultées de son usage à forte dose dans la culture des céréales ne permettent pas de la révoquer en doute. Toutefois, on pense généralement que le chaulage cesse d'être aussi efficace dans les terrains suffisamment calcaires ou qui reposent sur un sous-sol de craie ; cependant, comme la chaux caustique a encore pour effet de réagir sur certains principes du

(1) Berthier, *Traité des Essais par la voie sèche*, t. I, p. 613.

sol, il faut concevoir que, dans quelques cas, le chaulage n'a pas uniquement pour but d'apporter du calcaire. Au reste, la chaux, comme tous les engrais minéraux, ne produit d'effet qu'avec le concours des engrais organiques, et ne saurait aucunement les remplacer.

La constitution géologique d'une contrée semble être, à la première vue, l'induction la plus utile sur la convenance du chaulage. Les sols dérivant des roches plutoniques, dans lesquelles dominent le feldspath, le mica, le quartz, tireront probablement un bénéfice de l'introduction de la chaux. L'analyse directe éclairera sans doute avec plus de certitude encore, car il m'est arrivé de constater l'absence de la chaux dans des terres arables situées dans une région abondante en calcaire tertiaire. Enfin, le moyen recommandé par la prudence est d'entreprendre quelques essais préalables : c'est toujour par la méthode expérimentale qu'il faut procéder en agriculture, quand il s'agit d'introduire dans la pratique des opérations nouvelles. En Angleterre, on donne de 200 à 270 hectolitres de chaux par hectare de terrain argileux. Dans les sols légers, 130 à 170 hectolitres (1). En France, on en met beaucoup moins; 50 à 60 hectolitres pour la même surface, et un semblable chaulage dure sept à huit ans. Dans les environs de Lille, on ne fait pas un grand usage de la chaux, bien qu'en général le

(1) Sinclair, *Agriculture pratique et raisonnée*, t. I, p. 420.

sol y soit peu calcaire ; mais la chaux est employée dans la proportion de 40 hectolitres par hectare dans le voisinage de Dunkerque, où l'on assure que ses effets persistent pendant dix à douze ans (1).

La dose de chaux introduite dans le sol est d'ailleurs dans un certain rapport avec la durée que l'on attribue à l'action de cet alcali. La proportion adoptée est d'autant plus petite que le chaulage est plus fréquemment renouvelé. Ainsi, près de Dunkerque, on donne tous les dix à douze ans 40 hectolitres de chaux ; dans la Sarthe, suivant M. Puvis, on en met tous les trois ans 8 à 10 hectolitres. On pourrait conclure de là, qu'en moyenne, le sol doit recevoir annuellement 3 hectolitres de chaux par hectare ; mais, comme l'observe cet habile agronome, les cultures n'en prélèvent pas chaque année une telle quantité ; ce qui doit faire présumer qu'au bout d'un certain temps, la terre finira par contenir assez de principes calcaires pour rendre les chaulages moins nécessaires.

De tous les avantages que présente la chaux vive sur les autres amendements calcaires, le plus saillant est sans contredit l'état de division extrême qu'elle acquiert par son extinction. La mouture, opérée par les moyens mécaniques les plus parfaits, ne la transformerait encore qu'en une poudre grossière, en comparaison de la ténuité que lui procure l'action chimique qui détermine sa combinaison avec l'eau ;

(1) Cordier, *Agriculture de la Flandre française*, p. 260.

en outre, cet état de division s'obtient sans aucune dépense de force, sans aucuns frais. Si l'on expose à l'air libre de la chaux vive récemment calcinée, elle se réduit en une poudre blanche extrêmement fine, rappelant l'aspect et la ténuité de la farine; cette désagrégation est le résultat de son hydratation. La chaux, par son affinité pour l'eau, attire celle qui existe dans l'air à l'état de vapeurs. A cette première action de l'atmosphère en succède une autre : l'air contient toujours dans sa composition quelques dix millièmes de son volume de gaz acide carbonique. La chaux hydratée, en présence de ce gaz acide, forme un carbonate en abandonnant peu à peu de l'eau de constitution. Pour chaque proportion d'acide unie à l'alcali, il y a une proportion d'eau éliminée, et, peu à peu, la totalité de l'hydrate se transforme en carbonate de chaux qui conserve le même degré de division. La transformation est lente; dans le principe, l'échange de l'eau avec l'acide s'exécute assez rapidement ; mais à mesure qu'il reste moins d'eau dans la masse, l'affinité qui la retient à la chaux semble s'accroître ; aussi faut-il un temps assez prolongé pour que l'échange soit complétement réalisé. Il doit par conséquent arriver assez souvent qu'en incorporant au sol la chaux délitée et carbonatée, on y introduit aussi de la chaux hydratée douée encore d'une certaine causticité ; mais il faut observer qu'une fois introduite et mêlée intimement à la terre, cette chaux doit se carbonater promptement en totalité, parce que le sol et l'eau dont il est imbibé renferment

toujours une assez forte dose d'acide carbonique. En définitive, et bien qu'en agissant dans le principe sur de la chaux caustique, c'est réellement du carbonate de chaux extrêmement divisé que le chaulage porte dans le sol. Il était convenable de bien établir ce fait, parce qu'il simplifie l'explication du chaulage, en tant qu'avec M. Puvis on le considère comme une opération ayant pour objet de donner à la terre le carbonate de chaux qui lui manque. La chaux, introduite dans le sol à l'état caustique, passerait, comme je l'ai fait remarquer, très-rapidement à l'état de carbonate; mais, donnée sous cette forme, elle pourrait sans doute, avant qu'elle fût saturée, réagir sur les matières organisées qui se trouveraient en contact avec elle, les désorganiser, favoriser leur décomposition, en un mot, se comporter à leur égard comme elle le fait avantageusement dans les composts. D'un autre côté, elle agirait défavorablement sur les engrais déjà décomposés.

Le moyen le plus usité pour répartir la chaux dans les terres consiste à la déposer en petits tas éloignés l'un de l'autre de 5 à 6 mètres, ayant chacun un volume de 20 à 30 litres. Lorsqu'elle est délitée, on l'étend aussi également que possible. On est quelquefois dans l'habitude de recouvrir les petits monceaux avec six à huit fois leur volume de terre végétale. L'hydratation s'effectue également; et comme la chaux se gonfle en se délitant, il arrive que la terre se soulève et se crevasse. On s'empresse de boucher les fissures; et, quand la

chaux est réduite en farine, on la mélange intimement avec la terre qui l'abritait avant de l'étendre. Ce moyen exige plus de main-d'œuvre, mais permet une plus exacte répartition. Quelquefois on éteint la chaux directement par immersion, et l'on transporte l'hydrate sur les terres labourées ; là, on l'épand à la pelle. D'après la connaissance que nous avons de la composition de l'hydrate de chaux, il est évident que cette méthode a l'inconvénient d'augmenter les frais de transport, d'abord parce qu'au moins un cinquième de la charge est de l'eau, et ensuite parce que le volume est presque doublé par l'extinction.

L'application de la chaux a lieu de diverses manières. Il arrive que l'on chaule et qu'on fume alternativement, ou bien on exécute les deux opérations simultanément. Enfin, il est des sols assez riches naturellement pour produire par la seule influence de la chaux. Dans tous les cas, la terre doit être bien sèche, et la saison la plus convenable est la fin de l'été. Dans un sol humide ou par un temps pluvieux, la chaux se distribue moins également ; elle se pelote en grumeaux, et si elle a encore une certaine causticité, elle peut en la conservant nuire aux racines par son action corrosive. Le chaulage produit d'ailleurs très-peu d'effet dans les terrains très-humides (1). Lorsqu'on donne de la chaux aux pommes de terre ou aux betteraves, on la conduit sur les champs au prin-

(1) Schwertz, *Préceptes d'agriculture pratique*, p. 290.

temps, pour l'incorporer avant le posage des tubercules, ou le repiquage des jeunes plants.

Le point principal auquel on doit s'attacher, c'est d'obtenir une diffusion parfaite dans le sol; après avoir étalé la chaux sur toute la surface du champ, on herse et l'on donne un double labour superficiel. Selon M. Puvis, qui a étudié dans le plus grand détail les chaulages du département de l'Ain, 3,000 hectolitres de chaux, donnés successivement à 32 hectares de terrain dans l'espace de neuf années, ont apporté une amélioration assez prononcée pour doubler le rendement des céréales d'hiver.

Dans diverses contrées, la chaux est préalablement mélangée avec des matières végétales. Ainsi, dans la Sarthe, on la prépare deux ou trois mois avant d'en faire usage pour les terres à froment ou à sarrasin. Lorsqu'il s'agit de chauler des prairies hautes, l'espèce de compost qu'on emploie se fait une année à l'avance.

On mélange un volume de chaux vive avec deux volumes de terreau, en stratifiant alternativement les deux matières de telle sorte que le terreau forme la dernière assise. Au bout de trois à quatre jours, la chaux *fuse*, le tas s'affaisse, il s'ouvre des crevasses d'où s'échappent d'abondantes vapeurs; c'est le moment de *recouper* la masse pour en mêler intimement toutes les parties : si l'on attendait, il se formerait, par l'effet de l'humidité, des grumeaux qui rendraient le mélange difficile. Huit ou dix jours après cette première opération, on en exécute une seconde, et la matière est mise en tas.

Digitized by Google

La chaux ainsi préparée est portée sur le champ labouré et hersé; on la dépose en petits monticules sur une série de lignes parallèles, entre lesquelles on épand le fumier, qu'on enterre par un labour, après l'avoir mêlé au compost.

Pour chauler une prairie, la chaux vive est associée soit à du fumier, soit à des boues, à du terreau, à du gazon; on répand le mélange à la fin de l'hiver (1).

Dans son mode d'action, la chaux doit être considérée sous deux points de vue : à l'état de chaux caustique, et à l'état de carbonate où elle passe toujours subséquemment.

Dans les mélanges avec des débris de corps organisés, la chaux vive exerce une action immédiate. Ces débris se divisent et se modifient profondément; ils deviennent bien plus vite fertilisants que s'ils était introduits en nature dans le sol. Des végétaux à texture ligneuse qui resteraient intacts dans la terre, durant des années, disparaissent promptement s'ils ont été préalablement traités par la chaux. Aussi, depuis bien longtemps on fait usage de cet alcali pour accélérer la décomposition des matières végétales destinées à devenir des engrais, en stratifiant les mauvaises herbes, les feuilles, les écorces avec de la chaux vive.

Une action analogue s'exerce nécessairement dans les terres arables chaulées avec de la chaux récemment éteinte. Sans doute cette chaux étant hydratée, elle n'agit pas aussi énergiquement sur les substances orga-

(1) Pierrart, *Journal d'Agriculture*, 2e série, t. 2, p. 241.

niques qu'elle rencontre ; mais son effet, avec l'aide du temps, finirait probablement par égaler celui de l'alcali caustique, si l'hydrate, une fois mêlé au sol, ne se changeait pas en carbonate extrêmement divisé, d'autant plus apte à pénétrer dans les plantes, qu'il se dissout plus facilement dans l'eau faiblement chargée d'acide carbonique ; ajoutons, que ce carbonate, par sa ténuité même, est dans la meilleure condition pour opérer, sur les sels fixes d'ammoniaque provenant des engrais, la réaction qui les transforme en carbonate volatil.

On attribue encore à la chaux un genre particulier d'action qu'elle exercerait dans les terrains argileux ; c'est que, suivant une observation de M. Fuchs, sous l'influence de l'humidité, elle mettrait en liberté la potasse engagée, en proportion très-minime, dans le plus grand nombre des argiles.

Marne.

La marne est composée principalement de carbonate de chaux et d'argile ; c'est un mélange, dans des proportions extrêmement variables, de ces deux substances. Quelquefois l'argile est remplacée par du sable ; de là le nom de marne argileuse, très-argileuse, sablonneuse ; elle contient depuis 10 jusqu'à 90 pour 100 de carbonate calcaire. Sa couleur présente toutes les nuances imaginables. On la rencontre dans les terrains peu anciens. Les assises supérieures des calcaires jurassiques sont souvent for-

mées d'argiles marneuses, et on en suit le gisement jusque dans les dépôts les plus récents.

La propriété caractéristique d'un calcaire *marneux*, quelles que soient d'ailleurs les matières qui s'y trouvent mélangées, est celle de se déliter, de se réduire en poudre par l'effet des influences atmosphériques. Toute pierre à chaux douée de ce caractère est propre au marnage.

Le but principal qu'on se propose en donnant de la marne à un terrain est d'y porter le principe calcaire. Sous ce rapport, le marnage revient à l'application de la chaux. Dans l'un et l'autre cas on se place dans la condition la seule favorable à une bonne incorporation, celle d'une extrême division. L'utilité de cet engrais est reconnue depuis la plus haute antiquité, et son importance est si bien appréciée qu'on ne craint pas d'entreprendre des travaux souterrains assez étendus pour se le procurer (1).

Le délitement de la marne s'explique par ses propriétés physiques et par celles des éléments qui la constituent. Le calcaire très-divisé forme avec l'eau une pâte assez peu cohérente pour qu'après sa dessiccation, elle tombe en poussière : c'est ce que prouvent les expériences de Schübler ; et on ne saurait douter que, dans la marne, la faculté liante de l'argile ne soit en grande partie détruite par les particules de calcaire interposées dans la masse. La gelée, si efficace pour la pulvériser, agit évidemment en congelant l'eau dont elle

(1) Thaer, *Principes raisonnés d'Agriculture*, t. II, p. 239.

s'est imbibée pendant l'automne, en raison de sa nature poreuse. L'eau, en se solidifiant, augmente notablement de volume, et sépare, écarte, par son expansion, les molécules terreuses : c'est un effet exactement semblable à celui de l'action du gel sur les pierres gélives. C'est ainsi qu'on voit de la craie poreuse, ne renfermant presque rien autre chose que du carbonate de chaux, se désagréger entièrement par la gelée, après avoir reçu les pluies d'automne, à ce point qu'on l'emploie pour marner.

La marne argileuse, on le comprend facilement, agit de deux manières sur les terrains; car, indépendamment des avantages qu'elle procure au sol en y portant du carbonate de chaux, elle l'améliorera encore par l'introduction de l'argile, si ce sol est léger, sablonneux. Dans un terrain fortement argileux le chaulage est peut-être préférable.

Il convient donc de distinguer ces deux effets : l'un, mécanique, dépend de la présence de l'argile ou du sable ; l'autre, chimique, provient du carbonate de chaux et équivaut au chaulage. C'est à ces deux effets que les cultivateurs rapportent, généralement, toute l'utilité qu'ils retirent du marnage. Cependant, il est à présumer qu'elle agit encore utilement sur le sol, en lui apportant d'autres principes fertilisants. Du moins, des analyses faites sur plusieurs substances marneuses y ont indiqué des matières azotées, des phosphates. Et cela n'a rien de surprenant, quand on réfléchit sur les circonstances géologiques dans lesquelles les dépôts marneux se sont formés. J'ai dit que les calcaires argi-

leux répondent par leur âge aux formations les plus récentes; souvent ils sont accompagnés de nombreux débris d'êtres organisés, et l'on connaît plusieurs de ces dépôts formés presque en totalité de détritus de coquilles: tel est le falun exploité en Touraine. Il n'y a donc rien que de très-naturel à ce que des masses minérales d'une semblable origine renferment quelques débris des animaux et des plantes enfouis à l'époque où elles se sont déposées. Une marne de Lenguy (Yonne) a donné à l'analyse près de 0,002 d'azote. Une autre variété du département du Bas-Rhin en contient plus de 0,001. La recherche des matières organiques azotées dans les marnes, comme celle des phosphates, doit donc s'ajouter à la détermination des substances minérales; et il est possible que ces substances contribuent à l'action fertilisante vraiment extraordinaire des marnes de certaines localités.

M. Kuhlmann a constaté, il y a plus de dix ans, que la plupart des pierres calcaires renferment de faibles proportions de carbonates alcalins; dès lors, il était permis de présumer que les calcaires plus ou moins argileux, employés à l'amendement des terres, contiendraient aussi de la potasse. C'est ce qu'ont établi des analyses de marnes, faites par M. Krocker.

COMPOSITION DE LA MARNE.

Carbonate de chaux.....	12 30	14,10	18,80	20,30	25,20	32,10	36,10
Carbonate de magnésie..	1,00	traces.	1,20	3,10	2,20	1,50	1,10
Potasse.....	0,09	0,08	0,09	0,11	0,10	0,09	0,16
Eau.....	2,04	2,15	2,11	1,31	1,95	1,52	1,55
Argile et sable.....	84,53	82,83	76,85	74,33	69,57	64,21	60.07
Ammoniaque (1).....	0,005	0,008	0,099	0,077	0,074	0,096	0,058

Comme la chaux, la marne doit être répandue très-uniformément sur le sol. On la dépose aussi en petits monceaux, placés à égale distance : c'est une opinion générale qu'il est nuisible de l'enterrer quand elle est récemment tirée de son gîte; on est dans l'usage de lui faire passer un été ou un hiver, ou mieux encore toute une année, en plein air, avant de l'incorporer. On croit encore qu'il ne faut pas l'enfouir très-profondément. La marne, pour hiverner sur le champ, est déposée sur le chaume; lorsqu'elle est délitée par l'action du gel, on l'étend à la pelle. Quand on doit l'appliquer à l'époque des semailles des céréales d'automne, le dépôt se fait en été, et on la place dans les sillons au moment des labours. Schwertz observe que cette méthode ne peut être suivie qu'avec une matière qui se délite aisément (2). En Angleterre, on croit que la marne doit être exposée aussi longtemps que possible aux influences de l'atmosphère, et qu'elle doit recevoir la chaleur

(1) Si l'ammoniaque a été déterminée par un dosage d'azote, il ne saurait être établi qu'elle existe toute formée dans les marnes; c'est comme si l'on établissait la proportion d'ammoniaque dans une terre arable d'après un dosage d'azote.

(2) Schwertz, *Préceptes d'Agriculture pratique*, p. 305, traduct.

d'un été et la gelée d'un hiver pour devenir friable et pouvoir se répandre également (1). Celle qui n'a pas été exposée au froid se divise rarement assez pour pouvoir être mêlée convenablement au sol, malgré la répétition des labours, et elle ne produit que peu d'effets sur la première récolte de grains. Après que la marne est bien épandue, on herse fortement par un temps sec, et l'on donne plusieurs labours très-peu profonds, suivis chaque fois d'un hersage, exactement comme lorsqu'il s'agit d'incorporer la chaux (2).

La dose de marne donnée à la terre varie considérablement selon les localités. M. Puvis, dans un excellent Mémoire, pose d'abord en principe que cette dose dépend entièrement de la quantité de calcaire existant dans le sol. Il admet que toute terre renfermant plus de 9 pour 100 de carbonate de chaux peut se passer de cet amendement, et que celles qui en contiennent moins doivent recevoir une proportion de marne, de manière à porter à ce taux l'élément calcaire. La dose à employer dépend donc à la fois, et de la proportion de carbonate de chaux contenue dans le sol, et de celle qui se trouve dans la marne elle-même.

Du point de vue d'où M. Puvis l'a considéré, le marnage devient une opération très-abordable. Les proportions exorbitantes que l'on emploie, sans au-

(1) Sinclair, *Agriculture pratique et raisonnée*, t. I, p. 432.
(2) Thaer, *Principes raisonnés d'Agriculture*, t. II, p. 248.

tre motif que celui de l'habitude, sont jugées inutiles, sinon nuisibles ; la quantité de marne à incorporer au sol se détermine alors par la richesse de celle dont on dispose, et par la profondeur de la couche de terre labourable. Pour en faciliter le dosage, M. Puvis a dressé une table qui peut être très-utile dans la pratique, puisqu'on y trouve le nombre de mètres cubes de marne nécessaire à un hectare de terrain privé de l'élément calcaire, suivant l'épaisseur de la couche labourée, et en tenant compte du carbonate de chaux contenu dans la matière employée.

NOMBRE DE MÈTRES CUBES de marne nécessaire, sur un hectare, à une couche de terre labourée à une épaisseur de :						Lorsque cent parties de marne contiennent en carbonate de chaux.
8 centimètr.	11 centimètr.	14 centimètr.	16 centimètr.	19 centimètr.	22 centimètr.	
244	324 3/4	405	487	568	650	10
122	162 1/2	202 1/2	243 1/2	284	325	20
81 1/3	108 1/4	135	129	189 1/3	217	30
61	81 1/4	101	122	142	162	40
49	65	81	97 1/2	113 6/10	130	50
40 7/10	54	67 1/2	81	94 6/10	108	60
35	46	58	69 1/2	81	93	70
30 1/2	40 1/2	51	61	71	81	80
27	36	45	54	63	72	90
24 4/10	32 1/2	40 1/2	49	57	65	100

M. Puvis ne donne pas ces doses comme devant être adoptées invariablement ; ce sont des moyennes déduites des résultats pratiques reconnus les plus avantageux, mais auxquelles il ne faudrait pas cependant s'astreindre absolument. C'est ainsi qu'avec une marne très-argileuse, la dose pourra être augmentée

sur les terrains sablonneux et légers; on devra la diminuer sur les terres fortes et argileuses de leur nature. Se conformant en cela à l'expérience, M. Puvis conseille de diminuer la dose de marne, riche en carbonate, dans les terrains secs et légers, surtout lorsqu'on agira sur un sol labouré profondément; dans les terres arides, à la suite de défrichements; dans les sols très-froids, l'augmentation de la proportion de marne est favorable (1).

Les raisons qui viennent d'être exposées, pour limiter le marnage, n'ont plus la même force, quand on reconnaît que cet amendement introduit dans la terre des principes très-utiles à la végétation, autres que la chaux; il est évident qu'en marnant on donne de la potasse, des principes azotés, et, très-vraisemblablement, des phosphates. Comme la marne est toujours appliquée en très-forte proportion, il s'ensuit que ces substances, alors même qu'elles ne s'y trouvent qu'en proportion extrêmement minime, entrent néanmoins pour une quantité fort notable dans le sol marné. Par exemple, si sur un hectare on met 3,000 quintaux d'une marne contenant un millième de potasse, on accumulera dans le sol 3 quintaux de potasse; mais, sous le rapport pratique, je ferai observer que si l'opération du marnage n'avait d'autre objet que l'introduction de ces 3 quintaux d'alcali, on pourrait la considérer comme assez peu avantageuse, par la

(1) Puvis, *Annales de l'Agriculture française*, t. XXVIII, p. 334, 2e série.

raison qu'elle occasionnerait une dépense de transport d'environ 200 charges de voitures, sans compter les frais d'extraction du calcaire; mieux vaudrait, probablement, donner des cendres, et même du salin pour arriver à ce résultat. La potasse existante dans une marne contribue pour sa part aux succès de l'entreprise; mais il faut voir dans le marnage, d'un côté, l'introduction du calcaire, et, de l'autre, un agent capable de modifier favorablement les propriétés physiques du terrain, en rendant moins tenace une terre argileuse, ou en donnant plus de consistance à un sol sablonneux.

Le marnage produit, dans la culture, des améliorations incontestables. Selon M. Puvis, une marne sablonneuse renfermant de 0,30 à 0,60 de carbonate de chaux a doublé, dans le département de l'Isère, les rendements d'un sol aride. Avant son application on n'obtenait que de chétives récoltes de seigle, rapportant au plus trois pour un de semence; maintenant on retire huit pour un du froment semé, et ces heureux effets se font sentir pendant dix à douze ans.

L'action de la marne, comme celle du chaulage, n'est pas illimitée dans sa durée. Chaque récolte enlève des sels calcaires. Le genre de culture a d'ailleurs la plus grande influence sur la quantité de chaux prélevée sur le sol ; mais en faisant la part la plus large, il est facile de voir, d'après la composition des cendres des végétaux, que la proportion de trois hectolitres de marne par hectare, qu'on admet comme la

dose moyenne annuelle à donner au terrain, est infiniment plus forte que celle qui serait rigoureusement nécessaire.

Plâtre.

Le gypse ou *sulfate de chaux* résulte de la combinaison de 41,5 de chaux avec 58,5 d'acide sulfurique. Il contient le plus ordinairement de l'eau de constitution; sa composition est alors :

Sulfate de chaux...	79,2
Eau.....	20,8
	100,0

Le sulfate de chaux hydraté se rencontre abondamment à la surface du globe; on le trouve à l'état cristallin, en masses grenues ou fibreuses, dans des terrains de formation très-récente. Ce sel n'a pas de saveur appréciable, cependant il est sensiblement soluble. L'eau en dissout 1/460 de son poids. A une température très-élevée, comme l'est celle d'un feu de forge, le sulfate de chaux fond, et en se refroidissant il prend l'aspect d'un émail blanc. Bien au-dessous de la chaleur rouge, son eau de constitution se dégage; mais, exposé à l'air, il la reprend peu à peu à la vapeur aqueuse de l'atmosphère.

C'est sur cette faculté que possède le gypse *déshydraté* de se combiner avec l'eau pour se reconstituer à l'état d'hydrate qu'est fondé son usage dans les arts. Le plâtre est le gypse privé de son eau par la cuite. Après la calcination, on le bat et on le tamise. Pour l'employer, on le délaye dans un volume d'eau

égal au sien, et on l'applique aussitôt après avoir été *gâché*. Bientôt le mélange se consolide, et, pendant la solidification, il se dégage de la chaleur. Il s'opère une véritable cristallisation confuse, les cristaux s'entrelacent et forment une masse douée d'une assez grande ténacité. Lorsque le gypse a été cuit à une chaleur trop intense, il devient indifférent pour l'eau ; il ne peut plus s'hydrater, et on ne saurait dès lors l'utiliser comme plâtre.

On trouve, dans la nature, des amas considérables de chaux sulfatée anhydre présentant cette même indifférence pour l'eau ; c'est l'anhydrite des minéralogistes, dont la position dans l'ordre géologique diffère de celle du gypse hydraté ; sa formation date d'une époque beaucoup plus ancienne. Ce minéral est contemporain des gîtes métallifères, des masses de sel gemme ; il fait partie d'un système de roches formées ou modifiées par l'action du feu. L'absence de l'eau, dans ce sulfate, et surtout son incapacité pour s'y combiner, est peut-être la preuve de son origine ou de ses modifications plutoniques, puisqu'il est établi que le gypse devient impropre à s'unir à l'eau lorsqu'il a éprouvé une chaleur de 400 à 500 degrés.

Je me propose de discuter ici les faits les plus authentiques recueillis jusqu'à ce jour, sur l'emploi du gypse en agriculture ; j'examinerai en même temps si les théories admises pour expliquer l'action de ce sel sur les plantes se concilient avec les observations ; enfin, je rendrai compte des expériences entreprises

à Bechelbronn, dans la vue d'éclairer plusieurs points encore douteux de son histoire.

Le plâtre est un des engrais minéraux les plus usités; son efficacité dans les travaux agricoles n'était point inconnue aux anciens, mais l'usage en était resté circonscrit dans un petit nombre de localités. Il paraît que ce fut vers le milieu du dix-huitième siècle qu'un ministre protestant de la principauté de Hohenlohe, le pasteur Mayer, étudia les effets du plâtre, d'après des renseignements qu'il reçut de Hehlen en Hanovre, où déjà on l'employait comme amendement (1).

En propageant, par son exemple et par ses écrits, l'usage jusque-là si borné du gypse, Mayer rendit un éminent service. De toutes parts on tenta des essais. Tschiffeli en Suisse, Schubart en Allemagne, firent connaître, sur l'amélioration des prairies, des expériences assez décisives pour porter la conviction dans les esprits les plus incrédules. Mais c'est le sort des découvertes utiles, des applications heureuses, de n'être adoptées qu'après avoir été vivement combattues. Une opposition formidable s'éleva bientôt contre l'usage qu'on voulait faire du gypse. La polémique excitée à ce sujet renferme un épisode assez curieux pour être rapporté. Au nombre des adversaires les plus décidés du gypse, se trouvaient les inspecteurs des salines. Ils étaient mus par la crainte de voir se fermer le débouché par lequel s'écoulait le dépôt

(1) Thaer, *Principes raisonnés d'Agriculture*, t. II, p. 253.

formé dans les chaudières évaporatoires, le schlot, que l'on répandait alors sur les prairies pour en augmenter la fertilité. Le plâtre, dans l'opinion des officiers des salines, non-seulement était inefficace à remplir le même objet, il était encore nuisible. Le schlot, seul, était la matière par excellence, à laquelle rien ne pouvait suppléer. On ignorait alors, on a su depuis, que le principe actif, la base du résidu des salines, n'est autre chose que du sulfate de chaux, que du plâtre.

L'emploi du gypse s'étendit rapidement en France, particulièrement dans les environs de Paris. De là, il passa l'Atlantique; et dans l'Amérique du Nord, l'on plâtra les champs avec de la pierre sortie des carrières de Montmartre. Les terres récemment défrichées des États-Unis, si riches en humus, la nature des plantes qui les recouvrent, secondèrent merveilleusement l'action du nouvel engrais. Les effets en furent prodigieux; et l'imposante autorité de Franklin, qui les constata, vint mettre fin à toute discussion. Dans les deux mondes, le plâtre fut reconnu comme un des auxiliaires les plus puissants de la végétation.

Toutefois, les partisans du gypse allèrent jusqu'à l'exagération, en considérant le plâtre comme un engrais universel, capable de remplacer tous les autres, convenant à toutes les cultures, à tous les sols. Bientôt une pratique plus éclairée ne tarda pas à soumettre les effets du gypse à une juste et sévère appréciation. Elle reconnut qu'employé seul, ce sel est insuffisant pour produire la fertilité; qu'il exige toujours le concours d'engrais organiques, si le terrain n'en contient pas

originairement. Enfin, il fut établi que le plâtre n'agit utilement que sur un nombre de plantes fort limité; qu'il convient surtout aux prairies artificielles formées par le trèfle, la luzerne ou le sainfoin ; que son action est à peine sensible sur les prairies naturelles, douteuse sur les récoltes sarclées, nulle sur les céréales.

Les résultats défavorables obtenus par l'emploi du plâtre ne sauraient être légèrement révoqués en doute, par la raison qu'ils ont été constatés par ceux-là mêmes qui utilisent journellement le gypse sur leurs prairies artificielles ; ce sont d'ailleurs, de tous les observateurs, les plus directement intéressés à augmenter, par les mêmes moyens, dans le même rapport, la récolte la plus productive de toutes, celle du froment.

L'observation a déterminé l'époque la plus convenable à laquelle il convient de donner le gypse aux prairies. Généralement on a trouvé qu'il faut le répandre en poudre, au printemps, lorsque les plantes ont déjà acquis un certain développement ; qu'on doit choisir un temps calme et humide; qu'il convient de l'appliquer le matin, afin de le faire adhérer aux feuilles encore mouillées par la rosée. Les opinions ont été longtemps divisées, pour savoir si le plâtre doit être employé à l'état naturel, tel qu'il sort de la terre, ou s'il est préférable de le calciner. Il est aujourd'hui parfaitement établi que la cuisson n'ajoute rien à ses propriétés. Bien que l'usage d'en saupoudrer les prairies soit le plus ordinairement suivi, on sait néanmoins qu'on obtient encore de très-bons effets, en l'incorporant dans un sol, à

l'époque des labours d'automne. Cependant, il faut bien que l'usage qui a prévalu, de saupoudrer les feuilles, soit justifié par un avantage réel. J'entrevois la raison de cette pratique dans ce principe, que tout engrais pulvérulent doit être réparti aussi également que possible. Or, rien ne peut contribuer autant à cette égale répartition que l'adhésion à des feuilles humides. Le plâtre ne s'en détache ensuite que peu à peu; elles le répandent ainsi dans tous les sens, à mesure que le vent les agite et les dessèche.

Dans certaines localités, on n'a produit aucun effet utile par l'emploi du plâtre, bien qu'on l'ait administré dans de bonnes conditions, à des plantes qui en profitent ordinairement. On a expliqué cette anomalie en admettant, sans toutefois le prouver par l'analyse, que ces terrains rebelles contiennent naturellement du gypse. On a prétendu aussi que l'action favorable du plâtrage ne se manifeste plus dans les terrains bas, constamment et fortement humides.

La proportion de plâtre donnée à la terre est comprise dans des limites fort étendues; elle varie depuis 200 jusqu'à ,000 kilogrammes par hectare. La qualité et surtout la valeur de la matière exerce nécessairement une influence sur les doses adoptées, souvent même un prix trop élevé devient un motif suffisant d'exclusion.

Les opinions des praticiens sur la convenance du plâtrage, bien que concordantes dans des circonstances déterminées, sont cependant loin d'être unanimes sur tous les points. Elles se rapprochent

sur quelques-uns, divergent sur quelques autres; et ce fut dans le but très-louable de lever les doutes qui restaient encore sur les avantages de l'emploi du plâtre, sur l'opportunité de son application, que le gouvernement ouvrit une enquête sur la question considérée de la manière la plus générale.

Les réponses provoquées par cette enquête ont été rassemblées et résumées dans un rapport fait par M. Bosc à la Société royale et centrale d'agriculture. C'est une justice qu'il faut rendre à la sagacité de nos agronomes; les renseignements adressés à l'administration ont été nets et précis; ces renseignements émanés de tous les points de la France, ont eu ce précieux avantage qu'en une phrase de quelques lignes, ils résumaient, dans certains cas, vingt à trente ans d'expérience. Cette enquête montre tout le parti qu'il est possible de tirer des lumières de nos praticiens. Mais il faut consentir à les consulter, car les agriculteurs qui cultivent beaucoup écrivent très-peu, probablement par cette raison que ceux qui ne cultivent jamais écrivent toujours (1).

---

(1) Je me plais à mentionner ici les agronomes qui ont répondu aux questions posées par l'administration; ce sont MM. Bons de Farges (Ain), Sarrazin (Aisne), Descombes des Morelles (Allier), Bermond de Vaux (Basses-Alpes), Farnand (Hautes-Alpes), de Bernardy, d'Ounous (Ardèche), de Neirac (Aveyron), de Brebisson (Calvados), Girard de Ville-Maison (Cher), Giraud (Doubs), Degros (Drôme), de la Pasture, Assire (Eure), Lelong (Eure-et-Loir), de Lacour la Gardiole (Gard), Galy (Haute-Garonne), Grisony, de Colomé (Gers), Coste Fregeorgue, d'Hauteroche (Hérault), de Lorgeril (Ille-et-Vilaine), de Barbançois, Deschartres (Indre-et-Loire), Fuziers (Isère), Brune (Jura), Basquiot-Mugriet (Landes),

Je vais me borner à dépouiller, en quelque sorte, le scrutin du jury appelé à se prononcer sur la valeur du plâtre, considéré dans ses applications à l'agriculture. Pour simplifier, on peut supposer les questions posées ainsi :

1° Le plâtre agit-il favorablement sur les prairies artificielles?

Sur quarante-trois opinions émises, il y en a eu quarante affirmatives, trois négatives.

2° Le plâtre agit-il favorablement sur les prairies artificielles, dont le sol est extrêmement humide?

Non, à l'unanimité. Il y a eu dix opinions émises.

3° Le plâtre peut-il suppléer à l'engrais organique, à l'humus du sol? En d'autres termes, un sol stérile peut-il porter une prairie artificielle par le seul fait du plâtrage?

Non, à l'unanimité. Il y a eu sept opinions émises.

4° Le plâtre augmente-t-il d'une manière perceptible la récolte des céréales?

Sur trente-deux opinions, il y en a eu trente négatives, et deux affirmatives.

Tout en faisant connaître leurs opinions, décidément favorables, lorsqu'il s'agit de prairies artificielles,

---

de Guercheville (Loir-et-Cher), de Belzevrie (Loire), de Raignac (Lot-et-Garonne), Carbonet (Marne), Thomassin, Germain (Meurthe), Major (Meuse), Levasseur (Oise), de Maisons, de Beaujeu (Orne), Ducoq (Pas-de-Calais), de La Mothe (Basses-Pyrénées), Le Bel, de Bechelbronn (Bas-Rhin), Heilman, Beissier (Haut-Rhin), Febvre (Saône-et-Loire), Raoul de Germiny, Houdeville (Seine-Inférieure), de la Rochette (Seine-et-Marne), Hennin de Longuetoise (Seine-et-Oise), de Villeneuve (Tarn).

les cultivateurs n'ont peut-être pas exprimé avec une exactitude suffisante le chiffre de la valeur de l'amélioration procurée par l'emploi du plâtre. Il manque, aux résultats transmis à l'administration, quelques-unes de ces observations telles que la science agricole est en droit de les exiger. Heureusement cette lacune est comblée, en partie, par des expériences faites en France, par M. de Villèle, et en Angleterre par M. Smith.

M. Smith a placé ses cultures sur un terrain léger, ayant un sous-sol de craie. L'épaisseur de la terre végétale avait un mètre à partir de la tête de la pièce; elle diminuait graduellement, de telle manière qu'elle n'était plus que de huit centimètres à l'extrémité. Toutes les dispositions furent prises, pour que chaque couple de surface cultivée comparativement se trouvât dans des conditions aussi égales que possible. Voici le détail des observations :

CULTURES COMPARÉES DU SAINFOIN SUR UN SOL PLATRÉ ET NON PLATRÉ, FAITES EN 1792, 1793 ET 1794 (1).

NUMÉROS des expériences.	REMARQUES.	FANES SÈCHES par hectare.	GRAINES par hectare.	POIDS de la récolte totale.	RAPPORT des fanes au grain.
		kil.	kil.	kil.	
1	Récolte sur une terre végétale non plâtrée, un mètre de profondeur, sous-sol de craie.....	3662	457	4119	100 : 12,5
	Récolte sur le sol contigu, ayant reçu 5h,38 de plâtre, en avril 1794.....	5959	635	6594	100 : 10,7
	Différence en faveur de la récolte plâtrée.	2297	178	2475	
2	Récolte sur la même terre végétale non plâtrée, moins profonde.....	3018	268	3286	100 : 8,9
	Récolte sur le sol contigu, ayant reçu 5h,38 de plâtre, en avril 1792.....	4780	414	5194	100 : 8,7
	Différence en faveur de la récolte plâtrée.	1762	146	1908	
3	Récolte sur la même terre végétale non plâtrée, huit centimetr de profondeur.	2256	72	2328	100 : 3 2
	Récolte sur le sol contigu, ayant reçu 5h,38 de plâtre, le 17 mai 1794.....	5323	230	5553	100 : 4,3
	Différence en faveur de la récolte contig.	3067	158	3225	
4	Récolte sur le sol contigu à l'expérience n° 3, plâtré à la même dose, en mai 1792.	4702	224	4926	100 : 4,8
	Différence en faveur de la récolte plâtrée depuis deux ans.....	2446	152	2598	

Ces résultats démontrent combien le plâtre favorise la production du sainfoin. En moyenne, la récolte non plâtrée étant représentée par 100, la récolte par l'intervention du plâtre est devenue 231 : elle a plus que doublé. L'influence du gypse s'est exercée également sur la production de la graine ; si

(1) Smith, *Annales de l'Agriculture française*, t. IV, p. 68, première série.

l'on représente par 100 le produit en semence de la récolte qui n'a pas reçu de plâtre, celui de la récolte plâtrée devient 192.

En comparant, dans les diverses expériences, le poids des fanes à celui de la graine, on observe des rapports très-différents. M. Smith attribue cette différence à la profondeur de la terre végétale. Dans la première expérience, celle dans laquelle le rendement en graines a été le plus élevé, l'épaisseur du sol arable était de un mètre. Les autres cultures ont porté sur des parties où cette épaisseur était considérablement réduite.

Ainsi, on a :

1re expérience :	produit en semences du sol plâtré	
.....	655 kil. par hectare, épaisseur	1m
2e.....	414.....	0,5
3e.....	230.....	0,1

En présence de ce fait curieux, M. Smith pense qu'il manque aux sols peu profonds quelque principe essentiel à la fructification, que le plâtre, malgré l'activité qu'il imprime à leur force productive, ne peut cependant leur procurer. Ces principes sont, suivant toute probabilité : les matières organiques, les substances minérales utiles, naturellement plus abondantes dans la couche de terre arable qui est la plus profonde. Les observations faites sur le trèfle blanc ont conduit M. Smith à des résultats tout aussi décisifs en faveur du gypse ; elles confirment d'ailleurs les assertions de la plupart des agriculteurs.

Le gypse fut appliqué, le 22 mai, à raison de 5,38

hectolitres par hectare. A cette époque, le trèfle se trouvait très-pâle et semblait manquer de séve. Quinze jours après, les effets en étaient évidents : bien qu'il n'eût pas tombé de pluie, le trèfle, en s'entrelaçant, forma bientôt un tissu assez épais pour se défendre de l'action du soleil, qui brûla presque toutes les parties qu'on n'avait pas plâtrées.

CULTURES COMPARÉES DU TRÈFLE BLANC PLATRÉ ET NON PLATRÉ.

EXPÉRIENCES.	FANES par HECTARE.	GRAINE par HECTARE.	POIDS total de la récolte	RAPPORT de la fane à la GRAINE.
A. Plâtré.....	2429 k.	347 k.	2776 k.	100 : 14,3
A. Non plâtré..	915	61	676	100 : 6,7
Différence...	1514	286	1800	
B. Plâtré.....	1476	190	2686	100 : 7,6
B. Non plâtré..	545	67	1612	100 : 7,0
Différence...	951	123	1074	

La moyenne de ces deux expériences montre que la récolte de trèfle blanc non plâtré étant 100, celle de la sole gypsée est 225.

Les observations de M. de Villèle complètent en quelque sorte celles de M. Smith en les confirmant. Elles ont été recueillies dans le midi de la France, près de Caraman (Haute-Garonne). On les a entreprises au point de vue de la pratique la plus généralement suivie : celle du fanage du trèfle et du sainfoin,

dans des sols assez différents par leur nature. Les doses de plâtre ont varié, pour une même surface de terrain, dans le rapport de 8 à 3.

Les résultats obtenus se trouvent réunis dans le tableau suivant (1).

CULTURES COMPARÉES DU SAINFOIN ET DU TRÈFLE PLATRÉ ET NON PLATRÉ, FAITES PAR M. DE VILLÈLE.

NATURE de LA TERRE.	Numéros des expériences.	CULTURE.	Plâtre par hectare.	Récolte sèche sur prairie plâtrée par hectare.	Récolte sèche sur prairie non plâtrée par hectare	Excès de la récolte plâtrée sur la récolte non plâtrée.	Valeur en argent de l'excès de fourrage.	Valeur du plâtre employé.	Bénéfice résultant du plâtrage.
			kil.	kil.	kil.	kil.	f. c.	f. c.	f. c.
Légère, sèche, exposée au midi; 2 et 3 décim. de profondeur ; sur craie.	1	Sainfoin.	800	3500	2200	1300	52 »	20 »	32 »
	2	Sainfoin.	300	4000	2000	2200	80 »	7 50	72 50
	3	Sainfoin.	600	3300	2100	1200	48 »	15 »	33 »
Forte, argileuse, humide; 3 décimètres de profondeur ; sur glaise.	4	Trèfle...	500	5000	2500	2500	100 »	12 50	87 50
	5	Trèfle...	700	4000	2400	1600	64 »	17 50	46 50

C'est un fait si frappant que cette action d'un sel minéral excitant la végétation de certaines plantes au point de doubler ou de tripler le produit de leurs récoltes, qu'on a dû s'empresser d'en rechercher la cause. Aussi les explications n'ont pas manqué ; elles sont nombreuses, mais si peu satisfaisantes, que je ne me crois réellement pas obligé de les mentionner toutes. J'insisterai particulièrement sur les théories

(1) Villèle, *Feuille du Cultivateur*, t. VIII, p. 9, an VII.

proposées successivement par H. Davy et par M. Liebig.

Davy admet tout simplement que les plantes des prairies artificielles absorbent le sulfate de chaux. Cet illustre chimiste dit positivement qu'il a trouvé de très-fortes proportions de ce sel dans les végétaux plâtrés avec des cendres de tourbes riches en sulfate. Voici ses expressions : « Les cendres du sainfoin et « du trèfle m'ont fourni beaucoup de plâtre qui, pro- « bablement, faisait partie de la fibre ligneuse de « ces plantes (1). »

Pour compléter la théorie de Davy, il est bon de faire remarquer que le gypse convient surtout aux plantes dont la croissance est extrêmement rapide, et qu'en son absence le tissu végétal trouverait difficilement dans le sol les matières salines indispensables à sa constitution. Ajoutons avec Chaptal que, s'il est vrai que les substances salines sont indispensables à l'organisation des plantes, il ne l'est pas moins, l'expérience le prouve, que ces substances ne sont absorbées que dans certaines limites. Le sel le plus favorable par sa nature deviendra nuisible par sa proportion, si l'eau qui humecte la terre en contient une trop forte dose en dissolution. Ainsi, la plante périra si le sel est en excès ; elle languira si elle n'en reçoit pas assez. Considérons maintenant que les sels n'agissent sur la végétation qu'autant qu'ils sont dissous, et l'on comprendra que

(1) Davy, *Chimie agricole*, t. I, p. 76.

ceux-là seuls qui sont peu solubles peuvent être d'une application avantageuse.

En effet, l'eau ne pouvant, quoi qu'il arrive, se charger que d'une quantité fort limitée de l'engrais salin, elle le portera dans la plante, dans une proportion constante, pour peu que le sol en contienne une dose suffisante. Tels sont, précisément, les avantages que paraît présenter le gypse. L'eau, pour s'en saturer, n'en prend que 1/460. Si une partie de l'humidité du sol se dissipe par la sécheresse, il se précipitera du sulfate de chaux; mais l'eau restante, qui mouille encore la terre, qui abreuve les racines, n'en sera pas plus chargée; elle pénétrera dans la plante en portant constamment en dissolution ni plus ni moins que 1/460 de plâtre (1). Si, à la place du sulfate de chaux, nous concevons un sel beaucoup plus soluble, du sulfate de soude par exemple, nous n'aurons plus la même sécurité. En supposant que l'eau, qui imbibe la terre, renferme 1/460 de ce sulfate, et que cette proportion produise un effet salutaire, il arriverait, dans le cas d'une sécheresse qui enlèverait au sol la moitié de son humidité, que la dissolution restante se trouverait amenée, par le fait de l'évaporation, à contenir 1/230 de sulfate de soude, et il pourrait en résulter qu'à cette nouvelle dose le sel exerçât une action fâcheuse sur la culture.

Ainsi, dans l'hypothèse de Davy, corroborée des judicieuses remarques de Chaptal, le plâtre se com-

(1) Chaptal, *Chimie appliquée à l'agriculture*, t. I, p. 165.

porterait à l'égard des plantes, comme se comportent, en général, les sels insolubles contenus dans le sol ou dans les engrais ; par exemple, le phosphate et le carbonate de chaux, portés dans les végétaux, à la faveur de l'acide carbonique dissous en faible proportion dans l'eau. Mais tandis que ces faibles dissolutions, exposées aux alternatives les plus variables par l'effet des vicissitudes atmosphériques, sont hors d'état de suffire aux besoins d'une végétation rapide et vigoureuse, comme l'est celle du trèfle et de la luzerne, la dissolution de sulfate de chaux, toujours concentrée au même degré, est, à toutes les époques, prête à fournir la substance minérale aux plantes, quelque prompte que soit leur croissance.

M. Liebig a imaginé une théorie ingénieuse. Il admet, avec de Saussure, du carbonate d'ammoniaque dans l'atmosphère, et, par suite, dans les eaux pluviales. Ce fait posé, l'influence du plâtre résiderait dans la faculté que possède ce sel de fixer l'infiniment petite quantité d'ammoniaque introduite dans le sol par les eaux pluviales, s'opposant ainsi à la volatilisation qu'elle ne manquerait pas d'éprouver pendant la dessiccation du terrain. En effet, le carbonate d'ammoniaque dissous dans l'eau de pluie se trouvant en contact avec le sulfate de chaux, il doit s'opérer une double décomposition, dont le résultat est du carbonate de chaux et un sel fixe d'ammoniaque, le sulfate. Ainsi, suivant M. Liebig, pour peu qu'il y ait d'ammoniaque dans la pluie, elle se fixera dans un terrain plâtré. J'établirai bientôt que les choses ne se passent pas de

cette manière quand la terre est meuble et humide ; mais en admettant même qu'il en soit ainsi, on peut se demander si l'ammoniaque condensée par ce moyen doit suffire pour procurer des effets de végétation aussi prononcés que ceux que l'on observe sur les cultures favorisées par le plâtre.

M. Liebig fait remarquer que, un kilogramme de sulfate de chaux, une fois transformé en sulfate alcalin, introduira dans le sol une quantité d'ammoniaque équivalente à celle que pourraient y apporter 6,250 kil. d'urine de cheval. En suivant ce raisonnement dans sa dernière conséquence, il est facile de prouver, en partant de la composition du foin telle que je l'ai établie, que deux kilogrammes de plâtre, en fertilisant une prairie par cette voie, augmenteraient d'environ 100 kil. de fourrage sec le produit de la récolte.

Je crois d'abord qu'il est convenable de porter la question sur un autre terrain, parce qu'il est prouvé, comme nous l'avons vu, que le gypse n'améliore pas sensiblement les prairies naturelles. Je puis affirmer, de mon côté, que sur les prés que nous cultivons, nous n'employons pas la moindre quantité de gypse, l'expérience ayant positivement démontré son inutilité dans cette circonstance. Mais on peut appliquer la supputation précédente aux prairies artificielles. Dans le cas le plus général, le trèfle éprouve de la part du plâtre une amélioration que personne ne conteste.

Nous récoltons en moyenne 5,000 kilogrammes

de trèfle sec par hectare plâtré. On suppose communément que par le plâtrage la récolte est doublée. Il résulterait de cette supposition, qu'une surface d'un hectare qui n'aurait pas reçu de gypse ne rendrait plus que 2,500 kil. de trèfle sec. Le trèfle fané provenant de la plante fauchée en fleur contient environ 2 pour 100 d'azote. Les 2,500 kil. de fourrage gagnés par l'intervention du plâtre en renfermeront par conséquent 50 kil. équivalant à 61 kil. d'ammoniaque, ou à 140 kil. de carbonate ammoniacal. Telle est, dans l'hypothèse que nous discutons, la quantité d'ammoniaque que le plâtre doit enlever aux eaux pluviales tombées sur un hectare, pour devenir apte à fournir l'azote à la plus value de la récolte.

En Alsace, depuis le moment du plâtrage du trèfle en avril, jusqu'en juillet, époque de la coupe, il tombe, suivant M. Herrenschneider, 24 centimètres d'eau, soit, sur la surface d'un hectare de trèfle, 2,400,000 kil. Si l'azote de la plus value de la récolte a réellement son origine dans la pluie, l'eau tombée doit contenir en poids environ 1/17000 de carbonate d'ammoniaque. Il est douteux qu'il existe dans les eaux pluviales une semblable proportion de sel ammoniacal; et cependant cette proportion devrait être bien plus forte encore, puisque nous avons supposé que la pluie pénétrait en totalité dans le sol. La vérité est qu'une grande partie de l'eau tombée n'imbibe pas la terre quand celle-ci est déjà suffisamment humide; elle coule à la surface du terrain lorsqu'un temps pluvieux se maintient pendant plusieurs se-

maines. Au reste, il est impossible d'évaluer, même par une grossière approximation, la pluie introduite dans le sol, et il est tout aussi difficile de se former une idée tant soit peu précise du rapport existant entre l'eau absorbée par les plantes et celle qui s'évapore directement sans traverser leurs organes.

Mais en admettant même que ce soit réellement l'ammoniaque de la pluie qui, par l'intervention du plâtre, occasionne l'accroissement de récolte si considérable que l'on obtient alors sur les cultures de trèfle et de luzerne, il resterait encore à expliquer pourquoi, les circonstances météorologiques restant égales, les mêmes effets, ou tout au moins des effets proportionnels, ne se produisent pas sur les prairies naturelles couvertes de graminées, sur les plantes sarclées ou sur le froment. Enfin, l'objection la plus grave qu'on puisse présenter contre cette théorie, se fonde sur ce fait parfaitement constaté, que le plâtre n'exerce une action véritablement utile sur les prairies artificielles, qu'autant que le terrain sur lequel on l'applique contient une proportion convenable d'engrais organique azoté. Dans un sol médiocrement fumé, le gypse n'apporte aucune amélioration sensible, et, comme l'a dit un homme ayant une longue expérience : c'est perdre ses peines et ses frais que de plâtrer des fonds maigres et appauvris (1). Il semble cependant que, si le plâtre fixait réellement du sul-

(1) Crud, *Économie théorique et pratique de l'Agriculture*, t. I, p. 318.

fate d'ammoniaque dans la terre par suite de son action sur les eaux pluviales, le sel ammoniacal une fois introduit dans le sol devrait agir indépendamment et sans le concours d'un autre engrais. Il agit réellement ainsi, isolément, pour son compte, quand il existe. C'est ainsi, par exemple, que M. Schattenmann a vu une culture de 30 hectares de prairies naturelles améliorées par l'emploi du sulfate d'ammoniaque. On le voit, si la théorie de M. Liebig est vraie, les observations des praticiens sont nécessairement inexactes.

On n'a véritablement aucune raison pour élever des doutes sur le sens des résultats constatés par les cultivateurs. Cependant, afin de mieux baser ma conviction, j'ai cru devoir ajouter quelques expériences à celles que l'on possédait déjà, en étudiant, en dehors de toute idée hypothétique, l'action du plâtre sur les plantes sarclées et sur les céréales.

Ces expériences ont été faites sur des terrains présentant pour chaque culture une surface d'environ 4 ares. Toutes les précautions ont été prises pour rendre les observations comparables. Ainsi, chaque culture était partagée en trois zones contiguës égales : la première zone A a toujours reçu du plâtre à raison de 4 hectolitres par hectare ; la seconde zone B, et la troisième zone C, n'étaient pas plâtrées. Chaque zone a été ensemencée avec des quantités égales de grain, ou repiquée avec un même nombre de plants. A et C étaient les surfaces dont je me proposais de comparer les produits, et la zone intermédiaire B se trouvait un

terrain neutre, placé uniquement pour ne pas laisser en contact immédiat la surface plâtrée avec celle qui ne l'était pas. Dans les recherches entreprises pour examiner l'effet des engrais, il est bon d'adopter une semblable disposition.

En 1842, j'ai essayé l'action du plâtre sur le froment venu dans trois conditions différentes de soles : 1° sur une sole de trèfle retourné; 2° sur une ancienne sole de betteraves; 3° sur une ancienne sole de pommes de terre.

Le plâtre a été répandu le 19 mai; à cette époque, les champs de blé présentaient une assez belle apparence. La récolte a eu lieu du 21 au 26 juillet.

Voici les résultats obtenus, rapportés à une surface de 4 ares.

DÉSIGNATION DES SOLES.	POIDS DES GERBES récoltées sur la surface		
	A. Plâtrée.	B. Non plât.	C. Non plâtrée.
	kil.	kil.	kil.
Froment sur sole de trèfle.....	145	147	149
Froment sur sole de betteraves....	89	80	72
Froment sur pommes de terre...	107	112	120
Moyenne des trois résultats.....	113,7	112	113,7

L'année 1842 ayant été, à cause d'une longue sécheresse, défavorable au froment, ces observations demandaient à être répétées. Elles l'ont été en 1843, et il faut avouer qu'on trouvera rarement l'occasion

d'expérimenter dans des conditions météorologiques aussi avantageuses à la culture des céréales.

Les résultats se rapportent à des surfaces de 3 ares. Les zones plâtrées avaient reçu 33 kilog. de sulfate de chaux.

ANNÉE 1843.	GERBES.	GRAINS.	PAILLE, BALLE ET DÉCHET.
	kilogr.	kilogr.	kilogr.
Seigle plâtré.....	235	62,6	172,4
Seigle non plâtré.....	215	57,8	157,2
Froment plâtré.....	210,5	67.2	143,3
Froment non plâtré....	231,7	70.6	161,1
Froment non plâtré....	206,2	65,1	141,1
Avoine plâtrée.....	150	51	99
Avoine non plâtrée....	167,6	51,5	116,1

Dans ces expériences, le plâtre n'a produit aucun effet appréciable sur les cultures de froment, d'avoine et de seigle, résultats qui s'accordent avec ceux que j'ai déjà rapportés.

Plâtrage des betteraves champêtres en première sole fumée, en 1842.

Les plants avaient été repiqués et arrosés. Les pluies ont été très-fréquentes ; le plâtre mis hors du buttage a bientôt pénétré dans le terrain. La récolte a eu lieu le 8 octobre, trois mois après le plâtrage.

Voici le produit obtenu sur des surfaces de 2 ares 44.

La sole plâtrée a donné.... 690 kil. de racines.
La sole non plâtrée..... 650

L'action du plâtre a donc été nulle; car la différence en faveur de la sole plâtrée est si minime, qu'on ne saurait raisonnablement l'assigner au plâtrage. En effet, rapportant à la surface d'un hectare, on aurait :

Pour la sole plâtrée, un rendement de 183 quintaux.
Pour la sole non plâtrée..... 268

Or, sur des soles de la culture ordinaire qui n'avaient pas reçu de plâtre, nous avons obtenu, cette même année, 284 quintaux de betteraves par hectare.

Cette action du plâtre, limitée à certaines cultures, ne dispose pas à admettre que ce sel agisse en condensant dans le sol l'ammoniaque des eaux pluviales; car il paraît tout naturel que si cette amélioration dépendait de l'intervention d'un sel ammoniacal, elle se manifesterait d'une manière générale.

La théorie de Davy paraît donc plus plausible; il convient, par conséquent, de la discuter. Si réellement les cendres de trèfles venus sous l'influence du sulfate de chaux contiennent, comme l'affirmait l'illustre chimiste anglais, une forte proportion de ce sel, l'action du plâtre devient très-facile à concevoir. La discussion doit donc principalement reposer sur la composition des cendres.

J'ai analysé les cendres du trèfle récolté à Bechelbronn avant et après le plâtrage. Je présenterai ici les résultats obtenus en 1841, année remarquable par l'abondance de la récolte; et ceux de 1842, où les

produits récoltés furent peu satisfaisants. Je donne d'abord les résultats analytiques tels qu'ils ont été enregistrés, et ensuite je les présente, abstraction faite de l'acide carbonique et du charbon qui étaient restés dans les cendres examinées. Il s'agit de connaître en définitive les substances inorganiques contenues dans la plante récoltée. Or, l'acide carbonique est évidemment un produit de l'incinération, dont la proportion dans la cendre varie d'ailleurs avec la température plus ou moins élevée à laquelle a eu lieu la combustion.

Digitized by Google

	RÉCOLTE EXTRAORDINAIRE de 1841.		RÉCOLTE PEU FAVORABLE de 1842.	
	CENDRES DE TRÈFLE.		CENDRES DE TRÈFLE.	
	Av. plâtrage.	Après plâtrage	Av. plâtrage.	Après plâtrage.
Acide carbonique....	14,2	22,1	21,5	26,8
Chlore.....	3,4	2,9	2,5	2,2
Acide phosphorique..	8,0	6,9	5,4	5,8
Acide sulfurique.....	3,2	2,6	2,4	2,3
Chaux.....	23,7	22,4	25,4	26,7
Magnésie.....	6,3	5,1	5,6	7,4
Oxyde de fer, manganèse, alumine.....	1,0	0,6	0,5	traces.
Potasse.....	19,6	27,8	22,5	25,3
Soude.....	1,0	0,7	2,2	0,2
Silice.....	16,8	7,9	10,0	2,7
Perte et charbon.....	2,8	1,0	2,0	0,6
	100,0	100,0	100,0	100,0
ABSTRACTION FAITE DE L'ACIDE CARBONIQUE ET DE LA PERTE.				
Chlore.....	4,1	3,8	3,3	3,0
Acide phosphorique...	9,7	9,0	7,1	8,2
Acide sulfurique.....	3,9	3,4	3,1	3,2
Chaux.....	28,5	29,4	33,2	36,7
Magnésie.....	7,6	6,7	7,3	10,2
Oxyde de fer, manganèse, alumine.....	1,2	1,0	0,6	traces.
Potasse.....	23,6	35,4	29,4	34,7
Soude.....	1,2	0,9	2,9	0,3
Silice.....	20,2	10,4	13,1	3,7
	100,0	100,0	100,0	100,0

L'analyse ne dit pas comment sont combinées dans la plante les substances qu'elle dose; mais en supposant que la totalité de l'acide sulfurique s'y trouve à l'état de sulfate de chaux, les

ésultats précédents peuvent s'exprimer ainsi :

Les cendres de trèfle, avant le plâtrage, contiennent, pour 100 : 6,0 de sulfate de chaux;

Après le plâtrage : 5,7 id.

Comme il est impossible de répondre d'une différence de 3 millièmes dans ce genre de recherches, on doit admettre, dans les deux cendres, la même proportion de sulfate calcaire.

Au reste, ici comme dans toutes les questions agricoles, les analyses isolées jettent très-peu de lumière; pour qu'elles puissent conduire à une solution, il faut introduire dans la discussion deux nouveaux éléments : 1° la proportion de cendre fournie par un poids donné du fourrage récolté; 2° la quantité de fourrage donnée par une surface déterminée de terrain, avant et après le plâtrage. J'ai admis, d'après mes observations, que les deux coupes de trèfle plâtré donnent, année moyenne, 5,000 kil. de fourrage fané par hectare.

La même surface, fauchée avant le plâtrage et dans la même année où le trèfle a été intercalé à la céréale, en produirait 1,100 kilog.

100 de trèfle fané ont donné :

		Cendre.	Cendre privée d'acide carbon.	Par hectare.
Trèfle non plâtré,	1841....	12.0	10.3	113 kil.
—	1842....	11,2	8,8	97
Trèfle plâtré,	1841....	7.0	5,4	270
—	1842....	7,7	5,6	280

TABLEAU.

	Chlore.	Acide phosphorique.	Acide sulfurique.	Chaux.	Magnésie.	Oxyde de fer, mangan., alum.	Potasse.	Soude.	Silice.	Cendres privées d'acide carb.
Année 1841.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
Sole non plâtrée..	4,6	11,0	4,4	32,2	8,6	1,4	26,7	1.4	22.7	113
Sole plâtrée.....	10,3	24.2	9,2	79,4	18,1	2,7	93,6	2.4	28,1	270
Année 1842.										
Sole non plâtrée..	3.3	7,0	3,0	32,2	7.1	0,6	28,6	2,8	12.7	97
Sole plâtrée.....	8.4	22,9	9,0	102,8	28 5 (1)	»	97.2	0,8	10 4 (2)	280

On voit que durant les trois mois qui ont suivi le plâtrage, le sol a dû fournir à la plante des doses considérables de substances minérales. Dans les récoltes plâtrées, ces substances sont doubles ou triples de ce qu'elles étaient à l'époque du plâtrage. Représentant, par exemple, par l'unité la quantité de chaque base et de chaque acide de la récolte avant qu'elle eût reçu du gypse, on a, pour la quantité des mêmes principes dans les récoltes plâtrées, les nombres suivants :

		Acides			Magnésie et Potasse.		
	Chlore.	Phosphorique.	Sulfurique.	Chaux.	Oxyde métall.	et soude.	Silice.
1841	2,2	2,2	2,1	2,5	2,1	3,5	1
1842	2,8	3,3	3,1	3,1	3,7	3,2	1

La silice paraît seule faire exception ; il semblerait

(1) Avec la magnésie se trouvent les oxydes métalliques et l'alumine.

(2) Il y a eu probablement une erreur légère dans le dosage de la silice et de la soude. Il ne faut point oublier d'ailleurs qu'avec la silice combinée se trouve la silice *accidentelle* provenant du sable resté adhérent aux plantes brûlées.

que cette terre n'est absorbée que pendant la jeunesse de la plante. La potasse, la chaux, sont les bases qui entrent pour une très-forte proportion dans la constitution minérale du trèfle; et un fait qui mérite toute notre attention, c'est que la chaux, assimilée depuis le plâtrage, ne répond aucunement à l'acide sulfurique fixé pendant le même espace de temps. L'excès d'acide et de chaux que présentent les cendres du trèfle plâtré sur celles du trèfle qui ne l'a pas été est pour :

1841,	acide sulfurique :	4,8 ;	chaux :	47,2
1842,	—	6,0 ;	—	70,6

En supposant encore que l'acide sulfurique assimilé depuis le plâtrage soit intervenu à l'état de sulfate de chaux, on trouve que :

En 1841,	la récolte plâtrée aurait absorbé	8k,2	de ce sulfate
1842,	—	10k,2	—

Ces quantités sont si minimes, qu'elles sont de nature à faire supposer que le plâtrage surtout fournit à la plante la forte proportion de chaux qu'elle paraît exiger; il équivaudrait alors au chaulage; et en effet, au rapport de Schwertz, en Flandre on remplace le plâtre par la chaux éteinte, par les cendres de bois lessivées, par les cendres de tourbe, et cela avec un avantage décidé (1). S'il est des cendres de tourbe pourvues de sulfate de chaux, il en est aussi qui ne le sont pas. Dans celles que nous employons dans notre

(1) Schwertz, *Culture des plantes fourragères*, p. 72.

culture avec un succès incontestable, l'acide sulfurique y est probablement engagé à l'état de sulfate alcalin.

Ces expériences ont conduit à des résultats si différents de ceux auxquels on s'attendait, que j'ai cru devoir les reprendre en 1849, en recherchant comparativement la chaux et l'acide sulfurique, non plus avant et après le plâtrage, mais dans le trèfle d'une sole plâtrée et dans celui d'une sole voisine qui ne l'avait pas été.

L'incinération du trèfle fané a eu lieu à une température aussi basse que possible, et l'on a brûlé à la fois des tiges et des feuilles, dans le rapport où elles se trouvaient dans la plante. Ce rapport était :

	TRÈFLE, 1re COUPE.	
	Plâtré.	Non plâtré.
Tiges	60,2	57,2
Feuilles	39,8	42,8
	100,0	100,0

L'analyse a indiqué sur 100 parties :

	TRÈFLE, FANÉ 1re COUPE.	
	Plâtré.	Non plâtré.
Humidité.....	12,67	15,37
CENDRES.		
Dans le trèfle fané.....	9,12	8,90
— privé de toute humidité...	10,44	10,40
ACIDE SULFURIQUE.		
Trèfle privé d'humidité.....	0,162	0,431
— deuxième expérience....	0,144	0,417
CHAUX.		
Trèfle privé d'humidité.....	2,574	1,677
— deuxième expérience....	2,054	»

Ces résultats sont singuliers, on pourrait dire anormaux, puisqu'ils signalent plus d'acide sulfurique et, par conséquent, plus de soufre dans le trèfle non plâtré. On serait porté à croire à une erreur de désignation, si l'analyse ne décelait pas beaucoup plus de chaux dans le trèfle plâtré. J'ajouterai que j'avais étiqueté moi-même les deux bottes de fourrage destinées à ces recherches.

L'excès de fourrage obtenu dans la récolte plâtrée n'explique pas davantage l'anomalie constatée. En effet, d'après la plus value évaluée au quart de la récolte, on a :

	Acide sulfurique.	Chaux.
Dans 400 kilog. de trèfle plâtré.....	612 gramm.	9250 gr.
Dans 300 — non plâtré.	1272	4851

Ce trèfle avait été fauché en juin. J'ai dû, en présence de ces résultats, entreprendre de nouvelles recherches sur la deuxième coupe; dans ce but, j'ai brûlé sur place d'assez fortes quantités de ce fourrage pour me procurer des cendres. L'analyse a constaté dans 100 parties de cendres :

	TRÈFLE.	
	Plâtré.	Non plâtré.
Acide sulfurique..	1,71	1,21
Chaux.....	24,34	20,44

Les deux échantillons de fourrage supposé absolument sec, ont laissé une égale proportion de cendre, 10 pour 100; il en résulte qu'en rapportant la chaux et l'acide au trèfle desséché, on a sur 100 parties :

	TRÈFLE SEC.	
	Plâtré.	Non plâtré
Acide sulfurique..	0,171	0,121
Chaux.....	2,434	2,044

En adoptant ces nombres comme étant les plus favorables, par leur sens, à l'assimilation directe du gypse par la plante, nous aurons, en prenant les rendements ordinaires par hectare des soles plâtrées et des soles non plâtrées :

	Acide sulfurique.	Chaux.
	kil.	kil.
Récolte plâtrée, 5000 kil. contenant...	8,6	121,7
Id. non plâtrée, 3750.....	4,5	76,7
Différence en plus dans la sole plâtrée.	4,1	45,0

Comme dans la discussion des expériences de 1841 et 1842, nous constatons que l'acide sulfurique en plus de la récolte plâtrée est bien loin d'être suffisant pour constituer un sulfate avec la chaux qu'on peut supposer avoir été introduite par le plâtre.

La cendre de bois, qui est certainement l'amendement le plus favorable au développement des prairies artificielles, renferme en moyenne 1 pour 100 d'acide sulfurique, et quand elle a été lessivée, cette faible quantité doit être bien moindre encore : elle serait nulle si le lessivage était parfait; et, dans tous les cas, il n'y a pas là de sulfate de chaux pour retenir l'ammoniaque des eaux pluviales : il s'y trouve, au contraire, des carbonates alcalins très-propres à expulser l'alcali volatil. Indépendamment des phosphates terreux utiles à toutes plantes, les cendres les-

sivées renferment souvent plus de 80 pour 100 de carbonate de chaux. On voit donc qu'en général les amendements qui surexcitent la végétation du trèfle possèdent constamment l'élément calcaire, soit à l'état de sulfate, soit à l'état de carbonate; et c'est ce même élément qui se montre abondamment, dans les récoltes, uni à des acides organiques, et dépouillé, par conséquent, de la presque totalité de l'acide inorganique avec lequel il était engagé au moment où il a été incorporé dans le sol. Dans la supposition assez vraisemblable où le plâtre agit comme le carbonate calcaire, il faut concevoir qu'une fois en présence des engrais indispensables, le sulfate de chaux se décompose, et que le résultat de cette décomposition est du carbonate de chaux dans un grand état de division, et, par cette raison, facilement absorbable. Cette transformation du sulfate en carbonate de chaux se conçoit d'autant plus facilement, que des analyses récentes admettent le carbonate de potasse au nombre des éléments des terres arables; il est évident que le plâtre sera décomposé aussitôt qu'il se trouvera en contact avec un carbonate alcalin. Enfin, et cette explication s'appuie sur des expériences, il peut arriver que le sulfate de chaux, en présence des matières organiques appartenant au sol, passe par l'effet d'une désoxydation à l'état de sulfure de calcium, sulfure sur lequel l'acide carbonique réagit bientôt, en provoquant une oxydation aux dépens de l'eau. Dans ce cas, il y a élimination du soufre, dégagement d'acides hydrosulfuriques, et production de

carbonate de chaux. Le fait est qu'en introduisant dans de la terre végétale fortement plâtrée une lame d'argent, on la voit noircir beaucoup plus promptement que dans la même terre non plâtrée; et, à l'aide de l'analyse, on constate qu'au bout de quelques mois une partie du sulfate de chaux est changée en carbonate. C'est ainsi seulement que je comprends la disparition de l'acide sulfurique du plâtre; car, si la chaux pénétrait réellement dans le végétal à l'état de sulfate, les cendres devraient être infiniment plus riches en acide sulfurique que ne l'indique l'analyse. Cette même difficulté se reproduit encore dans l'hypothèse de M. Liebig. Si les 61 kilogr. d'ammoniaque prélevés sur l'atmosphère pénétraient dans la plante sous forme de sulfate, il entrerait en même temps 142 kilogr. d'acide sulfurique qu'on devrait aussi retrouver dans les cendres d'une récolte faite sur un hectare. Or, les cendres, l'acide carbonique déduit, que laissent 5,000 kilogr. de trèfle plâtré, pèsent 275 kilogr., contenant, sur 100, 3 1/3 d'acide sulfurique. Cette quantité de cendre, si l'acide du sulfate d'ammoniaque se fixait dans la récolte, s'élèverait à 417 kilogr., et la cendre renfermerait alors 70 d'acide sulfurique sur 100.

Avant de formuler cette dernière objection contre les théories admises, j'ai dû nécessairement examiner si les cendres contiennent, à l'état de sulfate, la totalité du soufre préexistant dans la plante incinérée; car il n'était pas impossible qu'à la température à laquelle s'opère l'incinération, la silice

réagit sur les sulfates de manière à expulser une partie de l'acide sulfurique. Bien qu'il fût présumable que cette expulsion n'avait point lieu, du moins en proportions sensibles, en présence du grand excès de potasse que les cendres de trèfle contiennent toujours, j'ai cru devoir lever tous les doutes à cet égard.

Après avoir déterminé, aussi exactement que possible, la quantité de cendre laissée par la plante fanée, et en avoir dosé l'acide sulfurique, j'ai pris un poids connu du même foin que j'ai brûlé dans un vase de platine, à l'aide d'un mélange de chlorate et de carbonate de potasse. J'ai alors recherché l'acide sulfurique dans le produit de cette combustion.

1000 parties de la plante ont donné directement 3 d'acide sulfurique, et, par l'analyse des cendres, 2,8.

Le trèfle plâtré de première coupe de la récolte de 1849, a fourni pour 100, par l'analyse des cendres, 0,16 d'acide sulfurique. En brûlant la plante, par le concours du nitrate de potasse, on a dosé 0,19 du même acide. La différence ne va pas au delà de 3 dix millièmes. Dans cette expérience comparative, on a opéré sur environ 100 grammes de plante sèche; le sulfate de baryte donnant l'acide sulfurique pesait plus de deux décigrammes. En agissant seulement sur quelques grammes des matières, comme l'ont fait plusieurs opérateurs, on n'obtient plus assez de sulfate de baryte pour compter sur des résultats certains.

Ainsi, des cendres alcalines retiennent le soufre préexistant dans la plante.

Si j'ai insisté sur la faible proportion d'acide sulfu-

rique contenue dans une récolte de trèfle, c'est que je dois encore examiner une troisième théorie du plâtrage que j'ai contribué à propager. Il me serait difficile, toutefois, d'en indiquer l'auteur avec certitude. Au reste, cette théorie se déduit naturellement d'une opinion très-répandue, qui admet dans les légumineuses une proportion de soufre beaucoup plus forte que dans les céréales. Or, comme on a remarqué que le plâtre convient généralement aux cultures dans lesquelles il entre des légumineuses, on se trouvait en quelque sorte autorisé à voir l'origine du soufre dans le sulfate de chaux donné au terrain. Nous étions d'autant plus disposés, M. Dumas et moi, à adopter cette explication du plâtrage, qu'elle rentrait dans les idées qui attribuent aux plantes le rôle de réducteurs (1). Il est d'ailleurs très-vraisemblable que le soufre des principes immédiats des végétaux dérive des sulfates ou de l'hydrogène sulfuré contenu pour quelques traces dans l'atmosphère. Mais les légumineuses renferment-elles réellement plus de soufre que les céréales? Il est permis d'en douter, aujourd'hui qu'une étude attentive des principes azotés des plantes a montré presque une identité de composition pour le gluten, la caséine, la légumine, etc., identité que j'admets pleinement malgré les caractères différentiels signalés par les chimistes. Je trouve, en effet, en examinant les analyses de cendres que j'ai

(1) Dumas et Boussingault, *Statistique des êtres organisés*. Paris, 1844.

exécutées, que le trèfle, les haricots, les fèves, ne contiennent pas sensiblement plus de soufre que le seigle, le froment, l'avoine et la pomme de terre. Il semble donc hors de doute que le soufre exigé par les plantes se rencontre surabondamment dans les terrains amendés avec les engrais ordinaires, comme cela a lieu dans la culture des céréales, des racines et des tubercules.

En résumé, on voit qu'il est à présumer que le plâtre agit utilement sur les prairies artificielles, en portant de la chaux dans le sol; c'est là du moins l'opinion qui s'accorde le mieux avec les faits agricoles et les résultats de l'analyse des cendres des récoltes; je pourrais peut-être ajouter, avec l'analyse des terres arables : car il ressort d'une suite de recherches faites par M. Rigaud de l'Isle, que le plâtre n'a d'action très-prononcée que sur les sols privés d'une dose suffisante de carbonate de chaux (1).

Cependant, certains cultivateurs sont si éloignés de souscrire à ces conditions, qu'ils pensent que le gypse n'a aucun effet dans les sols privés de l'élément calcaire. On voit que, malgré les nombreux travaux que nous possédons, la question théorique du plâtrage est loin d'être résolue, et que de nouvelles recherches sont d'autant plus nécessaires que jusqu'à présent la science s'est bornée à rejeter toutes les explications sans rien mettre à leur place.

---

(1) Rigaud de l'Isle, *Mémoires de la Société d'Agriculture*, année 1824.

Cendres.

Cendres de bois.—Les cendres de végétaux contribuent puissamment à l'amélioration du sol; elles renferment, en effet, de la silice, des phosphates, des sulfates, des carbonates terreux et alcalins, sels dérivant des plantes et naturellement aptes à favoriser la végétation. Bien que la cendre de bois soit généralement d'une utilité reconnue, les usages nombreux auxquels l'industrie l'emploie, font que le prix en devient souvent trop élevé pour qu'on la destine à la terre. On la traite ordinairement pour en retirer du carbonate de potasse; les savonniers en obtiennent des lessives alcalines : dans les pays recouverts de forêts, on brûle même les végétaux pour se procurer des cendres, et, par suite, du salin et de la potasse. Les peuples les moins avancés dans la culture, en connaissent l'influence sur le développement des plantes. Les Indiens brûlent les tiges et les feuilles de maïs pour bonifier le terrain; on retrouve la même pratique chez les peuplades de l'Afrique. Sur les bords du Zaïre, selon l'infortuné capitaine Tuckey, on prépare les terres en plaçant de petits tas d'herbes sèches auxquelles on met le feu; dans les cendres, on plante des pois et du maïs : ces cendres sont le seul engrais dont on fasse usage (1). En Angleterre, on en donne, au printemps, jusqu'à 35 hectolitres par hectare (2). En Alsace, on considère les cendres de bois comme l'amendement le plus efficace pour les prairies.

(1) Tuckey, *Expédition pour reconnaître le Zaïre*, t. II, p. 59.
(2) Sinclair, *Agriculture pratique et raisonnée*, t. I, p. 446.

Les cendres lessivées ou *charrées* provenant des savonneries renferment encore une petite quantité de sels solubles échappés à la lixiviation ; tous les sels insolubles s'y retrouvent, et en outre elles sont mêlées d'une forte proportion de chaux qu'on ajoute pour rendre caustique le carbonate de potasse ; aussi, ces cendres sont-elles fort recherchées : on les répand à la dose de 40 à 60 hectolitres par hectare. Dans les régions boisées où l'on fabrique la potasse, on obtient ce produit en très-grande quantité : on le fait concourir, alternativement avec les engrais organiques, à l'amendement des terres. L'application des cendres se fait de la même manière que lorsqu'il s'agit d'épandre la chaux, avec cette seule différence, que le labour d'incorporation est peu profond et ne se donne qu'après une petite pluie. Il y a des localités où un hectare reçoit jusqu'à 150 hectolitres de cendres lessivées (1).

MM. Moride et Bobierre ont trouvé dans des charrées sèches de diverses provenances :

	De la Flotte.	De la Rochelle.	De Nantes.
Matières organiques.....	2,9	6,0	9,8
Sels alcalins.....	3,4	2,0	1,1
Silice	50,2	42,7	13,6
Phosphate de chaux et oxyde de fer.....	10,9	12,4	27,3
Carbonate de chaux.....	26,6	34,8	47,1
Magnésie et perte.....	6,0	2,1	1,1
	100,0	100,0	100,0

(1) Schwertz, *Préceptes de l'Agriculture, pratique* p. 128.

Dans la basse Normandie, où la charrée est fort recherchée, on la paye de 1 fr. 50 à 3 fr. l'hectolitre; on la falsifie assez souvent avec du sable.

Cendres de tourbes. — La tourbe est le résultat de l'altération spontanée des végétaux. Elle se forme dans les eaux stagnantes ; aussi rencontre-t-on des dépôts tourbeux sur le bord des rivières, dans les vallées, sur le fond des anciens lacs, à l'embouchure des fleuves. On trouve ce combustible depuis le niveau de la mer jusque sur les plateaux élevés des Vosges et des Alpes; il gît en bancs horizontaux, divisés par des couches de gravier, d'argile ou de sable. Sa formation est très-récente, comme l'indiquent les atterrissements peu épais qui le recouvrent, les débris d'animaux et les produits de l'industrie humaine qu'on y rencontre fréquemment.

Dans la tourbe, l'état de décomposition auquel sont parvenus les végétaux est souvent très-peu avancé; rarement l'altération est assez complète pour que les plantes soient méconnaissables. Selon l'origine, on distingue la tourbe ligneuse, la tourbe herbacée. Celle qui est très-compacte, noire, a l'aspect du terreau ; en général elle est légère, spongieuse, d'une couleur brune. En raison de sa porosité, la tourbe, après qu'elle est desséchée, est fort légère; le mètre cube pèse de 250 à 690 kil. D'après les conditions dans lesquelles ce combustible a été formé, on comprend qu'il doit renfermer les principes élémentaires particuliers aux plantes ; il paraît être le dernier état de la modification du ligneux par les agents atmosphériques

et l'humidité. M. Reiesch y a constaté la présence du tanin.

Une tourbe des environs de Moscou, examinée par M. Hermann, a donné à l'analyse :

Matière carbonacée Détritus de plantes ...	77,5
Acide ulmique.....	17,0
Extrait d'humus.....	4,0
Ammoniaque.....	0,25
Cendres.....	1,25
	100,0

La composition élémentaire de ce combustible est (1) :

Localités.	Carbone.	Hydrogène.	Oxygène et azote.	Cendres.
Tourbe de Vulcaire.....	57,0	5,6	31,8	5,6
— de Long.....	58,1	5,9	31,4	4,6
— du Champ-du-Feu.....	57,8	6,1	30,8	5,3

La tourbe, comme l'on voit, a une certaine analogie avec le terreau ; elle en diffère cependant par l'absence de matières solubles dans l'eau ; et l'on conçoit, en effet, d'après son origine aqueuse, qu'un principe soluble ne puisse s'y rencontrer en quantité appréciable. Peut-être pourrait-on l'assimiler à la partie insoluble laissée par le terreau après sa lixiviation. Il y aurait même encore cette conformité que la tourbe, comme la substance insoluble du terreau, quand elle est exposée humide au contact de l'air, finit, avec le temps, par former une certaine quantité de principe soluble dont les alcalis hâtent aussi

(1) Regnault, *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXV, 2e série.

le développement. L'usage que l'on fait de la tourbe comme engrais dans certaines contrées confirmerait cette manière de voir, car l'on sait que les fonds tourbeux bien égouttés et chaulés, ou traités par les cendres alcalines, finissent par se transformer en un sol fertile.

Les cendres de tourbe devraient contenir toutes les substances minérales que l'on retrouve ordinairement dans les cendres des plantes, plus des matières terreuses accidentelles. Il n'en est pas ainsi cependant. On y rencontre bien quelques sels alcalins en très-faible proportion ; M. Berthier y a trouvé quelquefois des traces de carbonate de potasse ; mais aucun analyste, que je sache, n'a signalé la présence des phosphates, et on n'a pas réussi davantage à constater leur présence dans une recherche toute spéciale faite dans mon laboratoire, sur des cendres provenant d'une tourbe de Haguenau, d'une houille de Saint-Étienne, d'un lignite de Venuezela près Porto-Cabello. Ces résultats m'ont beaucoup étonné. Que les eaux intervenues dans la décomposition, la carbonisation des matières végétales, aient enlevé les sels solubles préexistants, cela se conçoit ; mais les phosphates terreux ou métalliques devaient se retrouver, et il est d'autant plus singulier de ne pas en rencontrer dans les cendres de houille, que le minerai de fer des houillères qui accompagne, qui touche, pour ainsi dire, les couches carbonifères, est toujours plus ou moins phosphoré. En ce qui concerne la tourbe, MM. Moride et Bobierre pensent,

en s'appuyant sur des expériences, que le phosphate de chaux des végétaux modifiés a pu être enlevé par des eaux fortement imprégnées d'acide carbonique.

Les cendres de tourbe sont d'un emploi extrêmement avantageux, et leurs bons effets dans presque toutes les cultures expliquent l'empressement des cultivateurs intelligents à se les procurer. L'analyse y indique des substances qui, considérées isolément, sont propres à améliorer le sol. Ainsi, on y rencontre de la chaux en partie carbonatée et dans un très-grand état de division, quelquefois du sulfate de chaux ; de l'argile calcinée, dont l'action sur les terres fortes et humides est toujours utile ; de la silice en partie gélatineuse et rendue telle par la réaction des alcalis pendant l'incinération ; enfin, des sels alcalins : chlorures, sulfates, carbonates, et peut-être, malgré les résultats de l'analyse, des traces de phosphates.

La tourbe des marais de Sceaux, près Château-Landon (Seine-et-Marne), laisse 19 pour 100 de cendres, composées de (1) :

Chaux caustique et carbonatée..	63,0
Argile.....	7,5
Silice gélatineuse.....	15,0
Alumine.....	7,0
Oxyde de fer.....	9,0
Carbonate de potasse.....	0,5
	100,0

(1) Berthier, *Essai par la voie sèche*, t. I, p. 297.

La tourbe de Voitsumra, exploitée sur les frontières de Bavière et de Bohême, dans laquelle il y a de nombreux débris d'arbres, renferme 1,7 pour 100 de cendres calcinées, formées, selon M. Fikenscher (1), de :

Silice	36,5
Alumine	17,3
Oxyde de fer	33,0
Chaux	2,0
Magnésie	3,5
Sulfate de chaux	4,5
Chlorure de calcium	0,5
Charbon échappé à l'incinération	2,7
	100,0

La tourbe des environs de Troyes, brune, herbacée, donne 11 pour 100 de cendre ; contenant (2) :

Acide carbonique et soufre	23,0
Chaux	23,0
Magnésie	14,0
Alumine, oxyde de fer	14,0
Argile et silice	26,0
	100,0

La tourbe de Vassy (Marne) est compacte, brune, mêlée de fragments de craie. Par l'incinération, on en retire 7,2 de résidu pour 100, dans lequel il y a (3) :

(1) Berthier, *Essais par la voie sèche*, t. I, p. 298.
(2) Berthier, *Essais par la voie sèche*, t. I, p. 299.
(3) Berthier, *Essai par la voie sèche*, t. I, p. 299.

Argile	11,0
Carbonate de chaux	51,5
Sulfate de chaux	26,0
Oxyde de fer	11,5
	100,0

De la tourbe du Champ-du-Feu, près de Framont (Vosges), on obtient 3 pour 100 de cendres calcinées dans lesquelles il entre (1) :

Silice	40,0
Alumine, oxyde de fer	30,0
Chaux	30,0
	100,0

La tourbe des environs de Haguenau (Bas-Rhin) produit 12,5 pour 100 de cendres calcinées renfermant, d'après l'analyse faite par M. Letellier dans mon laboratoire :

Silice et sable	65,5
Alumine	16,2
Chaux	6,0
Magnésie	0,6
Oxyde de fer	3,7
Potasse et soude	2,3
Acide sulfurique	5,4
Chlore	0,3
	100,0

Dans la supposition où toute la chaux serait unie à l'acide sulfurique, ce qui n'a certainement pas lieu, cette cendre renfermerait au plus 4,1 pour 100 de sulfate de chaux.

(1) Berthier, *Essai par la voie sèche*, t. I, p. 300.

On peut conclure de ces analyses, que la composition de la cendre de tourbe est fort variable. C'est très-probablement à ces variations qu'il faut attribuer la différence dans l'intensité des effets exercés sur le sol. Généralement, ces cendres suppléent au plâtre avec avantage; mais c'est à la condition cependant qu'elles renferment de la chaux, soit à l'état de sulfate, soit à l'état caustique, ou de carbonate. La cendre de Vassy, par exemple, peut être employée au plâtrage des prairies, puisqu'elle renferme le quart de son poids en sulfate de chaux.

Les bonnes cendres sont blanches et légères; l'hectolitre pèse environ 50 kil. à l'état sec. Schwertz conseille de les conserver à l'abri de l'humidité. C'est là une précaution souvent difficile à réaliser. Cependant, dans l'intérêt des transports, lorsque la distance à parcourir est tant soit peu considérable, il est incontestable qu'il y a avantage à les avoir sèches; il est aussi plus facile de les épandre en cet état, quoique par un vent un peu fort on puisse quelquefois désirer qu'elles soient humides.

Les cendres de tourbes de bonne qualité, c'est-à-dire dans la composition desquelles il entre des proportions convenables de chaux et de sels alcalins, conviennent à toutes les plantes. C'est surtout sur le trèfle que leur effet est vraiment surprenant.

C'est là un fait bien établi en Flandre; mais il faut les avoir employées soi-même pour se former une idée de l'amélioration qu'elles procurent. On ne doit pas craindre d'en donner trop; en hiver, nous por-

tons, quand nous le pouvons, jusqu'à 100 hectolitres de cendres de tourbe, par hectare, sur nos trèfles; on les épand même sur la neige, et on les étale au râteau dans les premiers jours du printemps. Les Hollandais les donnent à plus forte dose encore; à deux reprises, ils en mettent 125 hectolitres par hectare de trèfle (1). En Hollande, au rapport de Sinclair, on se sert aussi de cendres provenant d'une tourbe qui, pendant l'hiver, séjourne sous des eaux saumâtres; par cette circonstance, les cendres sont extrêmement riches en sels alcalins (2).

Cendres de houilles. La houille, comme le combustible précédent, provient des végétaux dont l'altération a été assez profonde pour faire disparaître à peu près toute trace d'organisation. On a trouvé pour la composition des principales variétés de houille (3) :

	Carbone.	Hydrogène.	Oxygène et azote.	Cendres.
Houille grasse dure (Alais)..	89,3	4,8	4,5	1,4
Houille grasse maréchale (Rive-de-Giers).....	87,5	5,1	5,6	1,8
Houille grasse à longue flamme (Mons).....	84,7	5,3	7,9	2,1
Houille sèche (Blanzy).....	76.5	5,2	16,0	2,3

La proportion d'azote dans les houilles analysées est de 1 à 2 p. 100.

(1) Schwertz, *Principes raisonnés d'agriculture*, p. 137.
(2) Sinclair, *Agriculture pratique et raisonnée*, t. I, p. 447.
(3) Regnault, *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXVI, p. 353, 3e série.

Dans une cendre de houille de Saint-Étienne, de très-bonne qualité, l'analyse a indiqué :

Argile inattaquable par les acides.	62
Alumine.....	5
Chaux.....	6
Magnésie	8
Oxyde de manganèse.....	3
Oxyde et sulfure de fer.....	16
	100

Les cendres de houille renferment aussi de très-petites quantités de sels alcalins qui échappent ordinairement à l'analyse quand on n'en fait pas l'objet d'une recherche spéciale. Une cendre, examinée dans mon laboratoire, a donné près de 0,01 d'alcali. Ces cendres conviennent particulièrement aux terres argileuses; elles agissent en diminuant la ténacité du sol. En outre, elles y introduisent quelques principes utiles, comme de la chaux et des sels alcalins.

Cendres de varechs. — Sur les côtes, on brûle les varechs, les fucus, pour en obtenir de la soude. Dans la basse Normandie l'incinération a lieu dans des fosses pratiquées sur le rivage. La soude se présente en une masse noire, fritée; comme alcali, elle a assez peu de valeur, et, en raison de son bas prix, il est quelquefois avantageux de l'employer comme engrais. C'est ce qu'on pratique depuis bien longtemps en Bretagne et dans le nord de l'Angleterre.

Malgré l'origine des cendres de varechs, on se tromperait si l'on imaginait que leur application a surtout pour effet de porter de la soude dans le sol.

Les cendres des plantes marines sont riches en potasse, bien que cet alcali n'entre que pour une proportion infime dans l'eau de la mer. C'est ce qui résulte des analyses faites par M. Godechens sur des cendres obtenues des varechs récoltés à l'embouchure de la Clyde, sur la côte occidentale d'Écosse.

	FUCUS DIGITATUS.	FUCUS VESICULOSUS.	FUCUS NODOSUS.	FUCUS SERRATUS.
Potasse	20,7	13,0	9,1	4,0
Soude	7,7	9,5	14,3	18,7
Chaux	10,9	8,4	11,6	14,4
Magnésie	6,9	6,1	9,9	10,3
Peroxyde de fer	0,6	0,3	0,3	0,3
Chlorure de sodium	26,2	21,4	18,3	16,6
Iodure de sodium	3,3	0,3	0,5	1,2
Acide sulfurique	12,2	24,1	24,2	18,6
Acide phosphorique	2,4	1,2	1,4	3,9
Silice	1,4	1,2	1,1	0,4
Acide carbonique	8,1	1,2	3,7	8,0
Charbon	0,5	13,9	6,6	3,2
	100,9	100,6	100,0	99,6

L'*engrais de Noirmoutiers* dont l'usage est répandu dans toute la Bretagne, a pour base les cendres de varechs. Dans l'île de Noirmoutiers on mélange les cendres avec du sable, de la terre végétale, des fucus frais, du fumier, des coquillages. On réunit toutes ces matières en tas qu'on arrose de temps à autre avec de l'eau de mer. Après la fermentation, la masse prend l'aspect du terreau. On en donne 80 à 100 hectolitres par hectare ; cet engrais convient particulièrement aux prairies hautes. Dans les Côtes-du-Nord,

la cendre de varechs est employée sans être mélangée; elle coûte 2 francs l'hectolitre, prise sur place; on en met 20 à 30 hectolitres par hectare.

Par ce qui précède, on ne saurait douter de l'efficacité de la potasse et de la soude sur la végétation. On retrouve, d'ailleurs, constamment ces bases des plantes.

Les sels jouissant de propriétés alcalines, comme les carbonates, sont, avec les phosphates, ceux dont l'efficacité sur la végétation ne saurait être mise en doute. Du moins les expériences tentées avec les autres substances salines n'ont conduit à aucun résultat définitif.

Le *sel marin* a été longtemps prôné comme un des agents les plus favorables à la culture et, pendant des années, ses partisans ne voyaient d'autres obstacles à son usages que l'impôt excessif dont il était frappé. Cependant, en France, des agronomes ne sont pas parvenus à mettre en évidence l'utilité du sel pour l'amélioration du sol, et depuis qu'en Angleterre, l'abolition des droits en a fait baisser le prix de 97 p. 100, la consommation agricole du sel marin n'a pas sensiblement augmenté. On peut même dire qu'aujourd'hui son emploi est nul comme engrais (1), malgré la multitude d'essais faits dans ces derniers temps. « Le rôle agricole du sel, disait à la commis-« sion d'enquête, un ancien secrétaire d'État du

(1) Milne Edwards, *Rapport sur la production et l'emploi du sel en Angleterre.*

« commerce, est extrêmement faible en Angleterre; « si l'on en a tant parlé il y a vingt-cinq ans, c'est « qu'on voulait monter l'opinion et se défaire d'un « impôt gênant pour les pêcheries et lourd pour la « consommation humaine; on a mis en avant sir « John Sinclair, et quelques agronomes éminents de « l'époque; mais une fois le dégrèvement obtenu, « on a laissé tomber toute cette effervescence d'opi- « nion, toute cette fièvre de promesses, on n'a plus « parlé du sel comme engrais et on a cultivé la terre « comme auparavant, sans rien changer aux procé- « dés. »

J'ajouterai que s'il semble résulter des recherches de M. Lecoq que le sel marin appliqué à la dose de 150 à 300 kil. par hectare favorise la culture de l'orge, du froment, de la luzerne et du lin, Mathieu de Dombasle, M. Puvis, M. Daurier, sont arrivés à une conclusion opposée. Dans leurs expériences, le sel n'a produit aucun effet appréciable.

Le *nitrate de potasse* a été recommandé à plusieurs reprises comme un amendement utile. Dans les procédés suivis pour l'application de ce sel, on voit ajouter de la *suie*, de la terre végétale, ingrédients qui, de leur nature, sont déjà de fort bons engrais, et dont le concours doit faire naître des doutes sur les propriétés extrêmement avantageuses attribuées uniquement au nitre. Les avantages du nitrate de potasse fussent-ils même parfaitement établis, que le prix assez élevé de ce sel s'opposerait probablement à son usage. C'est peut-être pour ce motif que depuis

plusieurs années l'att ntion des cultivateurs anglais s'est dirigée vers le *nitrate de soude*, que l'on importe de la côte du Pérou; rendu en Angleterre, ce nitrate revient actuellement (1842) à 50 francs les 100 kil. ; à ce prix, et d'après l'effet utile qu'on croit lui avoir reconnu, il y aurait peut-être profit à l'employer. On a fait avec ce sel des expériences comparatives assez nombreuses, et en admettant leur exactitude, on demeurerait convaincu de son efficacité sur le sol. La dose adoptée a été de 125 kil. de nitrate par hectare.

M. Barclay, après avoir pris connaissance des essais tentés dans son voisinage, en a fait lui-même quelques-uns dont voici le résumé (1).

CULTURE SUR UN HECTARE.

	Sans nitrate.	Avec nitrate.	Différence en faveur du nitrate.
Récolte : Froment...	27hect.,50	31hect.,25	4hect.,75
Paille.....	2465 kilog.	2900 kilog.	435 kilog.

La récolte venue sur le sol qui avait reçu du nitrate de soude ne s'est pas vendue aussi bien que celle provenant du terrain qui ne contenait que du fumier, et, tout compte fait, l'usage du nitrate n'a procuré aucun avantage commercial. Il n'en resterait cependant pas moins établi, par cette expérience, que le nitrate de soude augmente la production de la matière organique végétale.

Plusieurs renseignements recueillis en Angleterre

(1) Ysabeau, *Journal d'Agriculture pratique*, t. IV, p. 489.

par M. de Gourcy, tendent à confirmer l'influence de ce sel sur le développement des plantes. Par son usage, les cultures de froment, de trèfle, de rutabaga, seraient grandement améliorées; ces faits admis, on peut se demander comment agit le nitrate de soude. La constitution chimique des nitrates est telle, qu'on peut concevoir qu'ils se comportent à la fois comme les engrais minéraux et comme les engrais organiques. La question importante à résoudre serait celle de savoir si l'azote du nitrate contribue pour quelque chose à la formation des principes azotés des plantes. Davy, tout en acceptant avec une extrême défiance les résultats de sir Kenelm Digby sur l'efficacité du nitre dans la culture de l'orge, ne répugnait pas cependant à croire que l'azote du nitrate pût concourir à la production de l'albumine et du gluten (1). Nous avons admis, comme très-probable, que l'azote des principes azotés des plantes a sa source dans l'ammoniaque issue des engrais, ou dans l'atmosphère; mais l'opinion qui soutiendrait que l'ammoniaque, née des matières organiques du sol, passe à l'état d'acide nitrique ou de nitrate d'ammoniaque avant de pénétrer dans les organes d'un végétal, s'appuierait à peu près sur les mêmes faits que j'ai rapportés en faveur de la première opinion. M. Kuhlmann assimile même l'action du nitrate de soude à celle de l'ammoniaque, en admettant que, sous l'influence désoxygénante de la fermentation putride, l'acide nitrique des ni-

(1) Davy, *Chimie agricole*, t. II, p. 43.

trates passe à l'état d'ammoniaque avant d'être absorbé par les plantes. Cette vue toute nouvelle aurait en sa faveur ce fait, que le nitrate de soude n'agit qu'autant qu'il rencontre, dans le sol, de la matière organique. Je rappellerai une observation à laquelle j'ai peut-être attaché autrefois trop peu d'importance. Lorsque j'examinai le lait végétal si vénéneux de l'*hura crepitans*, on eut l'occasion d'abandonner à elle-même une assez grande quantité de séve privée du caséum qu'elle renferme. Par l'évaporation spontanée, on obtint de ce liquide une proportion réellement considérable de nitrate de potasse. J'ai, depuis, reconnu plusieurs fois la présence de ce sel dans la séve de différents arbres des régions tropicales.

Il résulte de l'ensemble de ces observations, qu'une matière, pour fertiliser la terre, doit renfermer tous les principes organiques et minéraux nécessaires à la constitution des plantes. Dans ces derniers temps, M. Liebig a cherché à établir que les matières minérales, les sels alcalins, sont les seuls agents efficaces des engrais, en appuyant cette assertion sur des analyses qui indiqueraient dans la terre arable, alors même qu'elle n'est pas fumée, une forte proportion d'ammoniaque; d'où l'on a conclu que le sol contenant toujours une dose plus que suffisante de matériaux azotés, il n'y a pas lieu de lui en fournir. Voici les résultats de ces analyses, faites par M. Krocker (1).

(1) Krocker, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, t. LVIII.

	Ammoniaque.
Terre argileuse avant d'être fumée.....	0,00170
— de Hohenheim.....	0,00156
Sous-sol du même terrain.....	0,00104
Terrain argileux portant de l'orge.....	0,00143
Terre de l'Illinois (Amérique) non fumée..	0,00116
Terre sablonneuse inculte.....	0,00096
Marne.....	0,00099

Avant de procéder à l'analyse, les terres avaient été tamisées, puis desséchées dans le vide, opérations qui, pour le dire en passant, ont dû éliminer du carbonate d'ammoniaque. On a dosé cet alcali en calcinant la terre avec un mélange de soude et de chaux. On sait que, par cette méthode, les substances azotées sont transformées en ammoniaque ; mais le procédé ne permet pas de décider si cette ammoniaque était toute formée dans la matière examinée. En effet, une terre pourrait fournir à l'analyse une très-forte proportion d'alcali volatil, sans que pour cela on fût en droit d'affirmer qu'elle contient, je ne veux pas dire cet alcali tout constitué, mais même des substances azotées putrescibles, c'est-à-dire efficaces dans la végétation. Ainsi, on extrairait d'un sol abondant en débris tourbeux, d'un schiste bitumineux, de fortes quantités d'ammoniaque, sans que, pour cela, on soit assuré de retirer de semblables terrains des récoltes avantageuses.

Cependant, c'est d'après des dosages d'azote, que M. Liebig trouve qu'un hectare de terre arable, sur une profondeur de 25 centimètres, contient, non pas les éléments de l'ammoniaque, mais 2,000 à 10000

kilog. d'ammoniaque en nature, résultat présenté comme une objection contre la nécessité de l'intervention des engrais azotés. M. Kulhmann a fait remarquer, avec raison, qu'il y a à cette objection une réponse dans les faits mêmes, et c'est qu'un hectare de terre peut contenir assez d'azote engagé dans des combinaisons stables, pour représenter jusqu'à 10,000 kilog. d'ammoniaque, et donner néanmoins des récoltes chétives, tandis que, fumé avec 250 kilog. d'ammoniaque à l'état d'engrais, il rendra, par la culture, des produits satisfaisants (1).

Si de ce que la terre renferme les éléments de l'ammoniaque, on en concluait que les substances organiques azotées, par cela même qu'elles fournissent des principes ammoniacaux, sont inutiles comme engrais, on pourrait avec tout autant de raison prononcer contre l'utilité de l'intervention des substances minérales, que l'expérience reconnaît comme très-efficaces dans la végétation. Ainsi, la présence constante des phosphates dans les cendres des végétaux, m'a fait écrire, à une époque déjà éloignée, que si, dans les résultats de leurs analyses des terrains, les chimistes n'avaient pas signalé ce genre de sel, c'est parce qu'ils ne les avaient pas recherchés. De-

(1) Kuhlmann, *Expér. chim.*, p. 81.

Prenant 1kilog.,5 pour le poids du décimètre cube de terre arable desséchée, 3 décimètres pour la profondeur de la couche labourée, et 0,0012 pour la proportion d'ammoniaque contenue dans la terre sèche ; on trouve que dans le sol labouré d'un hectare, il y aurait 3,750 kilogrammes d'ammoniaque, ou 7,500 kilogr., si l'on porte l'ammoniaque à 0,0024.

puis lors, on a rencontré l'acide phosphorique dans un grand nombre de roches, dans tous les sols.

Je ne doute pas que si M. Krocher se fût appliqué à doser l'acide phosphorique dans les terres dont il a déterminé l'azote, il n'en eût rencontré des proportions très-minimes sans doute, mais qui, multipliées par le poids de la terre labourée d'un hectare, se seraient traduites aussi en milliers de kilogrammes. En voici un exemple :

Un sol crayeux, à peu près stérile sans le secours des engrais, a donné à l'analyse, après dessiccation, 0,0011 de phosphate de chaux. Un décimètre cube de cette terre desséchée a pesé 1 kilog. Un hectare, sur une profondeur de 25 centimètres, contient 2,500,000 décimètres cubes, pesant le même nombre de kilog. ; or, comme dans chaque kilog. de terre, il y a 1 gram. de phosphate, la couche arable renfermait 2 à 3,000 kilog. de ce sel. Cependant, malgré la présence de ce phosphate, le sol est improductif, et, chose remarquable, on le fertilise en lui donnant, pour un hectare, 4 à 500 kil. de noir des raffineries dans lesquels il y a, indépendamment du sang coagulé, tout au plus 150 à 200 kil. de phosphate de chaux.

Les sols les plus stériles ne sont probablement pas entièrement dépourvus de matières minérales utiles aux plantes, et, c'est un fait bien digne d'être signalé, les rares végétaux fixés sur ces terres ingrates parviennent à s'emparer de ces matières qui, en raison de leur faible proportion, échappent aisément à l'analyse.

Digitized by Google

Des faits que je viens de rapporter découle cette conséquence : c'est qu'il ne suffit pas seulement que les éléments minéraux ou azotés, utiles dans la culture, existent dans un terrain, il faut, en outre, qu'ils y soient dans un état particulier favorable à l'assimilation, comme cela se réalise dans les fumiers. Il est bien évident que de la potasse engagée dans un fedspath, qu'une analyse signalera dans la composition d'un sol arable, ne passera pas dans le végétal ; il ne l'est pas moins, que l'azote, partie constituante de fragments de houille, de lignite, de tourbe, épars dans le même sol, ne contribuera pas au progrès de la végétation, comme le ferait ce même azote transformé en sel ammoniacal. Aussi, les combustibles que j'ai nommés ne sauraient être considérés comme des agents fertilisants ; mais, les produits de leur distillation, comme l'eau ammoniacale des usines où l'on prépare le gaz d'éclairage, agit de la manière la plus active.

L'opinion qui voit dans les sels que contiennent les engrais, les seuls principes véritablement utiles, conduirait à conseiller aux cultivateurs de brûler leurs fumiers, afin de diminuer les transports toujours si embarrassants et si onéreux : je doute que ce conseil soit jamais suivi. Des observations faites avec soin ont d'ailleurs démontré que la matière organique des engrais exerce une action bien prononcée. On a fumé 30 mètres carrés d'un terrain argileux très-peu productif, avec du fumier de ferme : on en a obtenu une récolte d'avoine satisfaisante. Tout à côté, sur

une surface égale, on a répandu les cendres, parconséquent les sels provenant d'une semblable quantité de fumier : en agissant ainsi on n'a pas amélioré le sol d'une manière sensible.

Il est un point sur lequel je crois devoir insister : c'est que, malgré l'utilité incontestable des fumiers, il ne faut pas voir dans leur production, dans leur intervention, la seule voie progressive de l'agriculture. Les perfectionnements apportés dans les façons données à la terre, l'amélioration des qualités physiques du sol, comme un égouttage plus parfait, l'augmentation de la profondeur de la couche arable, contribuent autant, si ce n'est plus, que la profusion des engrais, à l'abondance des récoltes.

CHAPITRE X.

VALEUR COMPARÉE DES ENGRAIS DÉRIVÉS DES CORPS ORGANISÉS.

J'ai rassemblé, dans un tableau, les données que nous possédons sur la constitution chimique des substances employées comme engrais, dérivant des corps organisés. Dans les colonnes de ce tableau on trouve l'humidité, l'azote, l'acide phosphorique, contenus dans 100 kil. de matière. Il eût été à désirer qu'on y rencontrât les proportions des autres éléments minéraux, comme la potasse, la chaux, la magnésie; car, lorsqu'il s'agit de substituer un engrais à un autre, il conviendrait que la substitution eût lieu pour chacun des principes constituants. Mais il n'y a encore qu'un très-petit nombre d'analyses; et j'ai dû me borner, pour les substances minérales, à présenter, quand cela a été possible, la proportion de l'acide phosphorique; les combinaisons de cet acide, étant avec la matière azotée putrescible, les principaux agents des fumiers. On a ainsi les données nécessaires pour calculer les équivalents des engrais, sous le rapport de l'azote et des phosphates.

Digitized by Google

Ces équivalents sont rapportés au fumier de ferme.

Le fumier des exploitations rurales est sujet à d'assez grandes variations dans sa composition; et cela se conçoit, puisqu'il est plus ou moins avancé en décomposition, plus ou moins chargé d'humidité. Il provient aussi de fourrages et de litières de natures distinctes, bien qu'en général il ait pour origine la paille, le foin, les racines et les déjections des animaux. On comprend donc que la perfection d'une table des équivalents dépend, en partie, de la multiplicité des analyses de fumier. Or, voici les seules données que nous possédions aujourd'hui pour déduire une composition moyenne.

1° Fumier de Bechelbronn, Alsace.

2° Fumier d'une ferme anglaise.

3° Fumier d'écurie, dont on a dosé l'azote et l'humidité.

4° Fumier d'écurie de la ménagerie.

J'ai donné, dans un des précédents chapitres, quelques détails sur la composition de ces engrais.

5° Fumier de la ferme de Grignon, près Versailles. En en rapportant l'analyse, j'ai élevé des doutes à l'occasion de la forte proportion d'azote indiquée par M. Soubeiran. J'ai soupçonné que le fumier examiné était d'une nature exceptionnelle. Afin de lever ces doutes, j'ai eu recours à l'obligeance de M. Bella père, directeur de l'école régionale de Grignon, en le priant de vouloir bien remettre au Conservatoire des arts et métiers un fort échantillon de fumier, à l'état où on

le porte sur les terres. J'ai immédiatement reçu une caisse de *fumier mélangé*, que l'on peut considérer comme l'engrais normal obtenu et employé à Grignon.

Ce fumier m'a paru plus *fait* que celui de Bechelbronn : les pailles y sont bien distinctes, et disséminées avec assez d'homogénéité dans la masse. Il est alcalin, et fait effervescence par l'action des acides. A froid, la potasse y développe une faible odeur ammoniacale ;

Le fumier a d'abord été haché très-menu : on a procédé ensuite à son examen.

100 parties soumises à la dessiccation à la température de 120 degrés, dans un appareil traversé par un courant d'air qui se rendait dans une liqueur acide titrée, à donné 0,06 d'ammoniaque appartenant à du carbonate, et 58,,53 d'eau.

De la matière desséchée, correspondant à 100 parties de fumier normal, on n'a pu retirer aucune trace d'ammoniaque : il n'y avait pas de sels ammoniacaux, autres que le carbonate dosé. M. Houzeau a ensuite déterminé les cendres, leur composition et l'azote de la substance organique.

6° Fumier du Jardin-des-Plantes. Le fait de l'absence de l'ammoniaque dans le fumier de la ménagerie du Jardin-des-Plantes, m'a porté à faire examiner un autre fumier du même établissement, formé par la réunion des pailles de litières et de déjections d'herbivores. L'amas, où l'on a pris l'échantillon, était en pleine fermentation ; car la température développée, s'élevait à 56 degrés environ ; il se dégageait

d'abondantes vapeurs. Par le procédé indiqué ci-dessus, 100 parties de ce fumier ont, fourni :

Ammoniaque à l'état de carbonate.....	0,10
Ammoniaque à l'état de sels fixes.....	0,04

Ce fumier avait une odeur fétide ; des pailles nombreuses, longues, fines, et peu consistantes. Il faisait effervescence par les acides ; aussi possédait-il une réaction alcaline assez prononcée. La composition des trois fumiers récemment examinés est exprimée ainsi :

	FUMIERS.					
	JARDIN DES PLANTES.		GRIGNON.		DE LA MÉNAGERIE.	
		Azote.		Azote.		Azote.
Ammoniaque à l'etat de carbonate..	0,10	0.08	0.06	0.03	0,00	»
Ammoniaque à l'état de sels fixes....	0,04	0,03	0,00	»	0,00	»
Matières — Acide phosphorique.....	0,50	»	0,60	»	0,26	»
Matières — Chaux.....	2,99	»	1,40	»	0,94	»
Matières — Magnesie....	0.26	»	0,50	»	0,23	»
Matières — Oxyde de fer.....	0,37	»	0,30	»	0,10	»
Matières — sulfates et chlorures alcalins	0,30	»	1,30	»	0,27	»
Matières — acide carbonique.....	0,77	»	0,40	»	0,13	»
Matières — sable, argile, silice.....	8,25	»	4,50	»	3.27	»
Matières — matière organique.....	27,89	0,42	20,44	0,67	28,00	0,53
Matières — Eau.....	58,53	»	70,50		66,80	»
	100,00	0,53	100,00	0,72	100,00	0,53

En résumant la compositiou des fumiers supposés secs on a :

TABLEAU.

ORIGINE DES FUMIERS.	MATIÈRE organique.	MATIÈRE minérale.	AZOTE dans 100 parties.	ACIDE phosphoriq. dans 100 parties.	AZOTE dans 100 parties humides.
De Bechelbronn.....	67,80	32,20	2,00	1,00	0,41
D'une ferme Anglaise.	70,00	30,00	1,80	2,25	0,63
D'une écurie.....	»	»	2,08	»	0,79
Du Jardin des Plantes.	67,59	32,41	1,29	1,21	0,53
De Grignon.....	69,50	30,50	2,45	2,00	0,72
De la ménagerie....	84,34	15,66	1,60	0,78	0,53
Moyenne.....	71,85	28,15	1,87	1,45	0,60

La proportion d'azote et les équivalents des engrais sont donnés, dans le tableau, pour les matières desséchées et pour les matières à l'état où elles sont utilisées. Cette distinction était fort importante à établir. L'eau indiquée dans les premières colonnes est un élément incertain; sa proportion dans un engrais doit nécessairement en faire baisser considérablement la valeur. Aussi, tous les éléments rapportés aux substances sèches offrent beaucoup plus de garantie. Dans les transactions commerciales sur les engrais, il ne faut donc jamais négliger d'avoir recours à la dessiccation des matières qui en sont l'objet, particulièrement quand ces matières sont susceptibles par leur nature d'absorber des proportions d'eau très-différentes. La proportion d'acide phosphorique se rapporte à l'engrais desséché.

J'ajouterai une observation critique, c'est que

l'analyse ne décide pas si la totalité de l'azote d'un engrais appartient à une matière susceptible de passer, par la putréfaction, à l'état ammoniacal. L'azote dosé pourrait, à la rigueur, faire partie d'une substance inerte, comme la houille, la tourbe, etc. La science a donc à rechercher une méthode propre à révéler la nature plus ou moins modifiable des substances azotées.

La détermination de la valeur relative des engrais, par la voie expérimentale, présente de très-grandes difficultés. En effet, la manière d'opérer consiste nécessairement à comparer, dans des conditions de climat, de sol et de culture, aussi semblables que possible, la récolte obtenue d'une même quantité de semences, sous l'influence de telle ou telle matière fertilisante. Mais il faudrait, pour que les résultats fussent réellement comparables, que la totatité de l'effet utile des matières essayées se réalisât dans le même espace de temps. Or, il est loin d'en être ainsi : il est des engrais actifs qui, dans le cours de la saison, donneront, à très-peu de chose près, tout ce dont ils sont capables; il en est d'autres, au contraire, dont l'action sur la végétation persistera pendant plusieurs années consécutives. On doit ajouter que les circonstances météorologiques sont souvent telles, qu'elles paralysent complétement l'action des meilleurs agents. J'ai vu des substances extrêmement énergiques, comme la colombine, le tourteau de colza, ne produire aucun effet par suite d'une sécheresse prolongée.

Les essais dans la grande culture sont utiles néanmoins, en ce qu'ils font connaître, dans les circonstances ordinaires, le minimum d'effet d'un engrais. Ils fournissent d'ailleurs un résultat économique; car il est évident que si de deux matières employées concurramment, l'une présente sur l'autre des avantages bien prononcés, on est suffisamment autorisé à lui donner la préférence.

Des expériences faites par M. Bec, directeur de la Ferme modèle de Montauronne, conduisent à cette conclusion conforme à la théorie, que les engrais favorisent d'autant plus la production des grains, qu'ils renferment une plus forte proportion de matières azotées putrescibles; et, en outre, que l'action des plus actifs, tels que le guano, les tourteaux, ne s'épuise pas par une première culture. Les essais ont porté sur des surfaces égales de terrain. Certaines zones restèrent sans fumure, afin d'apprécier, pour en tenir compte, la fécondité naturelle du sol. Après une première récolte de froment, on ne mit plus d'engrais, et la terre fut ensemencée avec de l'avoine. Voici les résultats obtenus :

TABLEAU.

(1) Bec, *Journal d'agriculture*, t. II, p. 555, 2e série.

NATURE DE L'ENGRAIS MIS sur la PREMIÈRE SOLE.	QUANTITÉ d'engrais par hectare.	BLÉ obtenu en 1843.	AVOINE obtenue en 1844.	GRAINS RÉCOLTÉS dans les deux années.	EXCÈS des récolt. fumées sur les récoltes non fumées.	AZOTE contenu dans les engrais.
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
Sans engrais.....	0	667 (1)	611	1278	»	»
Tourteau de madia...	750	1294	644	1938	660	38,0
Tourteau de coton...	750	1001	940	1940	662	30,2
Tourteau de lin.....	750	1320	987	2307	1029	40,5
Tourteau de colza....	750	1178	1128	2300	1028	37,0
Tourteau de sésame..	730	1394	1067	2461	1183	50,9
Fumier de ferme.....	38750	1078	1316	2394	1116	201,0
Guano.....	750	1914	1119	3033	1755	105,0

(1) J'ai pris pour le poids de l'hectolitre de blé, 77 kil., pour celui de l'hectolitre d'avoine, 57 kilog.

Il ne faudrait pas faire dire à ces expériences plus que ne comporte le degré d'exactitude dont elles sont susceptibles. L'excès des récoltes fumées sur celles qui ne l'ont pas été, représente, si l'on veut, la force de production des engrais s'exerçant pendant deux années de suite ; mais il ne représente pas la force absolue de production. On sait, par exemple, que le fumier de ferme, à moins qu'il ne soit très-fait, n'agit pas, à beaucoup près, avec autant de rapidité que le guano : son action est plus lente, par la raison qu'une partie de ses éléments ne passe que peu à peu à l'état particulier qui permet l'assimilation. Il semble aussi ressortir des faits consignés dans le tableau précédent, que la graine du cotonnier, sans doute à cause de sa constitution ligneuse, ne se désagrège pas aussi promptement que les tourteaux de sésame et de colza.

J'ajouterai encore quelques observations faites en Angleterre dans le but de comparer le tourteau de colza au guano, parce que ces observations montrent la différente manière d'agir de ces deux engrais.

ENGRAIS.	QUANTITÉ par HECTARE.	NATURE de LA RÉCOLTE.	POIDS DE LA RÉCOLTE par hectare.	
			GRAINS.	PAILLE.
	kil.		kil.	kil.
Sol non fumé.....	»	Orge.	2889	3778
Guano.....	376		3840	5236
Différence.....			951	1458
Sol non fumé.....	»	Avoine.	2170	3555
Tourteau de colza.	1991		2212	3253
Différence.....			42	302
Guano.....	249		3387	4951
Différence.....			1217	1396

Les engrais ont été répandus sur le sol, lorsque les plantes étaient déjà développées. Le guano a produit un effet bien prononcé, comme on devait s'y attendre; la poudre de tourteau n'a pas eu d'action, parce que cet engrais n'était pas placé dans les circonstances convenables pour arriver, par voie de décomposition, à l'état assimilable : état auquel se trouve tout naturellement le guano. Aussi, quand les tourteaux de graines oléagineuses sont employés pour activer la végétation, comme engrais auxiliaires, on les ap-

plique, délayés dans l'eau, lorsque déjà ils sont en putréfaction; mais il est préférable de les incorporer au sol, à l'époque de la semaille.

Je rapporterai maintenant les résultats auxquels M. Kuhlmann est arrivé, en étudiant, comparativement avec quelques autres engrais, les effets du nitrate de soude et des sels ammoniacaux. Dans ces recherches, on a essayé comparativement plusieurs substances exemptes d'azote : l'huile, la fécule, les glucoses; et, comme la théorie l'indique, comme je l'avais déjà reconnu pour l'huile, ces substances n'ont eu aucune action. L'excédant de récolte, occasionné par le nitrate de soude du Pérou, a été très-notable; mais, en égard au prix de ce sel, M. Kuhlmann ne pense pas que l'emploi en soit avantageux : à l'exception des nitrates, et des sels à base d'ammoniaque, les substances salines privées d'azote n'ont pas augmenté la récolte.

TABLEAU.

NATURE DE L'ENGRAIS EMPLOYÉ. année 1844.	QUANTITÉ par hectare.	RECOLTE OBTENUE			EXCÉDANTS ATTRIBUÉS A L'ENGRAIS.			AZOTE par 100 d'engrais.	EXCÉDANT DE RÉCOLTE fourni par 100 d'azote contenu dans l'engrais.
		en foin.	en regain.	Total.	en foin.	en regain.	Total.		
	kil.	kil.	kil	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
Aucun engrais.....	»	2427	1393	3820	»	»	»	»	»
Sel ammoniac (1).....	333	6533	3373	9906	4106	1980	6086	26,43	6916
Sulfate d'ammoniaque (2)..	250	3947	1617	5564	1520	224	1744	20,30	3436
Nitrate de soude (2).....	250	3867	1823	5690	1440	430	1870	15,74	4752
Nitrate de chaux sec (2)....	250	3367	2030	5397	940	637	1577	17	3710
Chlorure de calcium.....	250	2417	1413	3830	»	»	»	»	»
Phosphate de soude cristall..	300	2693	1633	4326	266	240	506	»	»
Os incinérés.....	800	2353	1300	3653	»	»	»	»	»
Gélatine d'os (3).....	500	4180	2203	6383	1753	810	2563	16,51	3104
Guano du Pérou.....	600	4090	2270	6360	1663	877	2540	4,08	8500
Idem.....	300	3437	1966	5403	1010	573	1583	4,98	10595
Tourteaux de lin.....	800	2647	1773	4420	220	380	600	5,20	1442
Huile de colza.....	600	2393	1000	3393	»	»	»	»	»
Idem.....	300	2687	1356	4043	»	»	»	»	»
Fécule.....	800	2267	1586	3853	»	»	»	»	»
Glucose (sirop massé).....	800	2333	1114	3447	»	»	»	»	»

(1) Provenant de la saturation de l'eau ammoniacale des usines à gaz, par l'acide chlorhydrique avec lequel on dissout le phosphate de chaux des os dans les fabriques de colle forte : la liqueur occupait un volume de 167 hectolitres. — (2) Representant 95 pour 100 de sel pur et sec.— (3) Representant 90 pour 100 de gelatine seche. — (4) D'après le poids moyen des recoltes des compartiments sans engrais.

La fertilité propre de la terre contribue à la production végétale ; de sorte qu'il peut arriver que certains éléments de la récolte se trouvent dans le sol en proportion plus forts que dans le fumier enfoui. Cependant, comme on doit tendre, non-seulement à maintenir, mais encore à augmenter la fécondité, il convient de donner une dose d'engrais telle, qu'il s'y rencontre les éléments que les plantes cultivées emprunteront en partie à l'atmosphère, ou qu'elles puiseront entièrement dans le terrain. Quand on connaît, d'une part, la constitution chimique de la récolte présumée ; de l'autre, celle de l'engrais, on a toutes les données de la question économique, puisqu'il s'agit simplement de calculer la quantité de fumier nécessaire pour introduire dans la terre les matières azotées et les substances minérales qui pourraient entrer dans la récolte. Il n'y a plus ensuite qu'à examiner si le prix de la fumure sera payé par les produits qu'on attend de la culture. En ce qui concerne les substances minérales, on peut se borner, dans une appréciation de ce genre, à considérer les phosphates, parce que ce sont les sels les plus nécessaires.

Admettons, qu'en moyenne, une gerbe de blé de 100 kilogrammes renferme :

Grain.....	32 kilog.	valant	5 fr.	76 c.
Paille.....	68	—	2	04
			7	80

D'après la constitution chimique du froment et de la paille, il y a dans une gerbe de 100 kil. :

Azote de la matière organique.....	1000 gramm.
Acide phosphorique des phosphates.	416 —

Si l'on demande maintenant quelle quantité de tourteau il faudra prendre pour qu'elle apporte les phosphates et les matières azotées contenues dans la gerbe, on trouve, à l'aide de la table des équivalents, que le tourteau de lin contient pour 100, à l'état où il est employé, 5,20 d'azote, et 3,32 d'acide phosphorique (3,83 à l'état sec); par conséquent, pour avoir 416 grammes d'acide phosphorique, il faudra prendre 12 kil. 53 de tourteau, et 19 kil. 23 pour représenter les 1,000 grammes d'azote. Nous adopterons ce dernier nombre, parce qu'étant le plus fort, il satisfait aux deux conditions.

Soit le prix du tourteau de lin, 12 fr. les 100 kil.

19k,23 coûteront.....	2 fr	30 c.
La valeur de la gerbe étant.....	7	80
On aura pour différence.....	4	50

Dans ces conditions de prix, l'emploi du tourteau offrirait probablement des avantages. La proportion indiquée par le calcul s'accorde d'ailleurs avec les faits; car, pour obtenir une récolte de 5 à 6,000 kil. de gerbes, on fume ordinairement l'hectare avec 1,000 kil. de tourteau de lin.

En France, la production des marcs d'huile est considérable. Aux produits de notre sol vient s'ajouter celui qui résulte du traitement des graines importées. L'importation augmente chaque jour : elle était de 26 millions de kil. en 1837; elle a atteint, en 1840,

le chiffre de 50 millions de kil. On sait qu'en moyenne les graines oléagineuses donnent en nombre rond 0,60 de marc. Il résulte de documents authentiques, discutés avec un rare talent par M. Leroy de Béthune, que non-seulement on exporte la totalité des tourteaux issus de ces graines, mais que cette exportation s'accroît de ceux qui émanent de la culture française. En 1837, on en a exporté 5 millions de kilogrammes ; en 1840, 10 millions : c'est là un fait agricole déplorable (1).

Tout en reconnaissant, avec M. Leroy de Béthune, qu'il est sage d'encourager l'exportation, j'admets également, avec l'habile rapporteur, qu'il est des matières pour lesquelles il est prudent de la ralentir; et le marc d'huile, cet élément puissant de fertilité, vient se placer en première ligne. En cette circonstance, je suis loin de partager les principes, souvent trop absolus, des économistes. Dans mon opinion, toute exportation dont la conséquence est l'appauvrissement du sol doit être entravée : je m'opposerais à l'exportation de la terre arable. Eh bien, laisser passer à l'étranger un engrais actif, c'est, à mes yeux, exporter la terre végétale de nos champs ; c'est diminuer leur fécondité ; c'est provoquer le renchérissement des subsistances : car il faut autant de travail, autant de soins et de capitaux pour produire peu sur une terre ingrate, que pour produire beaucoup sur un

(1) Leroy de Béthune, *Rapport fait au Conseil général d'agriculture. Journal d'Agriculture pratique*, t. V, p. 362.

terrain fécond ; c'est empêcher le cultivateur de tirer parti de tous les avantages que la nature lui accorde; c'est comme si on refroidissait le climat de la France.

Je vais rechercher maintenant si l'application du tourteau de colza à la production du foin est possible.

Les prairies hautes, quand elles n'ont pas été *terrées*, donnent souvent les plus tristes résultats.

Le foin a une valeur moyenne d'environ 6 fr. les 100 kil.

Dans 100 kilog. de foin et regain, nous admettrons :

Azote.....	1500 gramm.
Acide phosphorique..	324

Le tableau indique dans 100 kilog. de tourteau de colza à l'état normal :

Azote.....	$4^{k},92$
Acide phosphorique....	$3^{k},88$

Donc, il faudra :

$30^{kil},50$ de tourteau pour représenter 1500 gramm. d'azote.
$8^{kil},35$ — — 324 — d'acide phosphoriq.

Prenant 30,50 kilog. à 10 fr. les 100 kilog., pour le tourteau moulu, ou pour la valeur de l'engrais devant concourir à la production de :

100 kilogr. de foin.	3 fr.	05 c.
Valeur du foin.....	6	00
Différence....	2	95

Cette différence est encore assez prononcée pour que le tourteau de colza puisse être employé en vue de produire un excédant de récolte ; il n'en serait plus de même si le prix de l'engrais était de 17 fr., comme il arrive quelquefois, la valeur de 30 kil. de tourteau étant alors de 5 fr. 20 c.

Les équivalents rapportés dans le tableau expriment la valeur relative des divers engrais ; ils font connaître la proportion dans laquelle telle matière doit être substituée à telle autre ; et quand on est obligé de faire des achats, c'est par les équivalents respectifs que l'on décide quelle est l'acquisition la plus favorable. Par exemple, sous le rapport de l'azote, l'équivalent du tourteau de chènevis est 14,2, c'est-à-dire que 100 kilog. de fumier peuvent être remplacés par 14,2 kilog. de tourteau.

Si 100 kilog. valent 8 fr., les 14,2 kilog. vaudront 1 fr. 14 cent.

Considérons maintenant le même tourteau sous le rapport des phosphates ; nous voyons que dans le tableau l'équivalent est 46,6, ce qui veut dire qu'il y a dans 46,6 kil. de tourteau de chènevis autant d'acide phosphorique ou de phosphates que dans 100 kilog. de fumier de ferme ; d'où il résulte que, si l'on trouvait du fumier à 70 cent. le quintal, il n'y aurait aucun profit à se procurer du marc de chènevis.

Les chiffons de laine, au prix de 7 fr. les 100 kil., présentent de l'avantage sur le fumier de ferme à 70 c. En effet, l'équivalent des chiffons est 3,3 ; 3,3 kil. reviennent à 22 centimes. On réalisera

donc, par cette substitution, un bénéfice de 28 centimes par quintal de fumier qu'on aurait employé. Au reste, en bonne culture, c'est moins au gain qu'apportent les substitutions d'engrais qu'il faut s'attacher, qu'à la possibilité de se les procurer à un prix convenable.

10,6 kil. de tourteau de colza, d'après l'équivalent *azote*, pourraient être substitués à 100 de fumier; pour opérer cette substitution sous le rapport des phosphates, il en faudrait 11,6 kil.

J'ai suffisamment insisté sur ce point, que les substances organiques putrescibles employées à fertiliser le sol, ne doivent pas seulement être azotées, mais que, indépendamment de l'azote, elles doivent encore renfermer des alcalis, des sels, et particulièrement des phosphates. Une matière organique, azotée, putrescible, mais exempte de substances salines, ne peut donc être considérée comme un engrais complet; elle n'agira que dans certaines limites, et à la condition d'être appliquée à une terre suffisamment pourvue d'éléments minéraux utiles à la végétation. C'est par ces motifs que je n'ai pas cru devoir ranger les sels ammoniacaux parmi les engrais capables de remplacer le fumier normal, le fumier de ferme. Cependant, il est des cas où ces sels exercent une influence favorable; j'ai vu le sulfate d'ammoniaque, l'eau ammoniacale de la dissolution de la houille, produire d'assez bons effets sur la prairie; mais dans la culture arable, sur des terres en bon état, les résultats ont été bien moins tranchés, et quelquefois même entièrement

nuls. On en jugera par les détails d'expériences exécutées à Béchelbronn.

En 1847, du sulfate d'ammoniaque a été mis sur deux soles de froment et sur une sole d'avoine, à raison de 1 kilog. par are. On a obtenu, semences non déduites :

SURFACE des soles.	GRAINS récoltés.	PAILLE.	BALLES.	DÉCHETS.	PRODUITS RAPPORTÉS à 1 hectare.		OBSERVATIONS.
					Grains.	Paille.	
FROMENT. ares.	hect.	kil.	kil.	kil.	hect.	kil.	
11,95	3,65	591	78,5	26	30,54	4946	Avec sulfate.
13,49	4,12	581	124,5	31	30,54	4307	Sans sulfate.
24,66	7,12	883	138,0	25,5	28,91	3581	Avec sulfate.
28,34	9,82	1015	170,5	42,5	34,65	3582	Sans sulfate.
AVOINE.							
16,09	7,47	549	95,25	»	46,42	3412	Avec sulfate.
21,84	8,24	695	78	»	37,72	3182	Sans sulfate.

L'action du sulfate d'ammoniaque a été nulle sur le froment. Il y a eu, à la vérité, un accroissement sensible dans la récolte d'avoine, mais l'excédant obtenu compense à peine le prix du sel employé.

Cependant, comme les derniers produits de la putréfaction des matières organiques azotées sont des combinaisons ammoniacales, il est de la dernière évidence que les sels à base d'ammoniaque, dans beaucoup de circonstances, agissent utilement sur la végétation; c'est ce que confirment d'ailleurs l'emploi du guano, les anciennes expériences de Humphry Davy, les observations plus récentes dues à M. Schattenmann et à M. Kuhlmann, qui s'accordent sur

plusieurs points avec celles de Rigaud de l'Isle et de M. Lecoq. Mais elles sont en opposition formelle avec les expériences de plusieurs physiologistes qui ont étudié l'action des sels ammoniacaux offerts isolément aux végétaux; circonstance d'ailleurs bien différente de celle où les dissolutions ammoniacales sont incorporées dans la terre arable. Ainsi, M. Bouchardat (1) a reconnu que de jeunes plants de *mentha aquatica* et *sylvestris*, de *mimosa pudica*, meurent très-promptement quand ils végètent, les racines plongées dans de très-faibles solutions de chlorhydrate, de nitrate et de sulfate d'ammoniaque. En présentant, il y a déjà quelques années, diverses considérations sur le guano, j'ai émis l'opinion que les sels ammoniacaux, pour agir comme engrais azotés, doivent toujours renfermer des acides organiques ou de l'acide carbonique. Peut-être convient-il aujourd'hui de réduire la catégorie au seul carbonate. Du moins ayant arrosé de jeunes plants de trèfle, venus dans du sable siliceux, avec une dissolution d'oxalate d'ammoniaque à 1/600, je les ai vus mourir dans les huit à dix jours qui ont suivi la première irrigation. Des plants du même âge, semés dans les mêmes conditions, mais arrosés avec de l'eau distillée, continuèrent à croître et donnèrent des fleurs.

En traitant du plâtrage, j'ai présenté quelques ob-

---

(1) Bouchardat, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. XVI.

jections à l'opinion qui admet que l'azote fixé pendant la culture du trèfle provient du sulfate, du chlorhydrate d'ammoniaque, absorbés en nature par la plante. Je vais établir, maintenant, qu'il est impossible que les sels ammoniacaux à acide inorganique, autres que l'acide carbonique et l'acide phosphorique, agissent comme engrais quand ils sont appliqués isolément, et je montrerai que leur emploi n'est réellement efficace qu'alors qu'ils ont modifié leur composition.

100 kilog. de gerbes de blé (paille et grain) renferment ordinairement 800 grammes d'azote, et laissent, quand on les brûle :

4,225 grammes de cendres

dans lesquelles il entre :

42 grammes d'acide sulfurique,
22 grammes de chlore.

On sait que dans les sels ammoniacaux :

100 d'azote répondent à 283 d'acide sulfurique,
— 257 de chlore.

Considérons maintenant le sulfate d'ammoniaque qui, suivant M. Schattenmann, se comporterait, dans la culture du blé, comme un engrais. Si les 800 grammes d'azote contenus dans les 100 kilog. de gerbes dérivent du sulfate absorbé par la céréale, on doit retrouver dans leurs cendres l'acide sulfurique de ce sulfate; et par les rapports établis ci-dessus, ces cendres devront contenir 2,264 grammes d'acide

sulfurique. L'analyse a indiqué qu'elles en contiennent seulement 42 grammes.

Appliquant le même raisonnement au chlorhydrate d'ammoniaque, on trouve que, dans le cas où l'azote de 100 kilog. de gerbes proviendrait de ce sel, les cendres devraient renfermer 2,056 grammes de chlore. Elles en renferment réellement 22 grammes.

Sans doute, les principes azotés de la céréale n'ont pas eu, dans les cultures de M. Schattenmann, uniquement les sels ammoniacaux pour origine. Les engrais dont le sol était pourvu, l'atmosphère, ont dû fournir leur contingent; aussi l'appréciation de l'influence utile des sels à base d'ammoniaque devient-elle plus rigoureuse quand on discute les résultats obtenus sur les prairies. Là, le produit a été doublé, et sur 100 kilog. de foin récolté, 50 kilog. peuvent être attribués à l'action du sel employé (1).

100 kilog. de foin, dans lesquels il entre 1,500 grammes d'azote, laissent 6,500 grammes de cendres.

Si la moitié (750 grammes) de l'azote du fourrage est arrivée avec les sels ammoniacaux, les cendres contiendront :

2,122 gramm. d'acide sulfurique, si l'on fait usage du sulfate,
1,928 gramm. de chlore, si la terre a reçu du chlorhydrate.

Or, par l'analyse, on trouve dans les cendres de foin :

---

(1) Dans une année, j'ai obtenu des résultats tout aussi favorables ; l'année suivante, le résultat a été à peu près nul.

169 grammes d'acide sulfurique,
162 grammes de chlore.

Il est donc très-vraisemblable que, si les sels ammoniacaux portent de l'azote dans les plantes, ils n'y pénètrent pas à l'état de chlorhydrate, de sulfate, car on n'a absolument aucune raison de supposer que les acides unis à l'alcali sont éliminés presque en totalité pendant l'acte de la végétation. Il faut donc de toute nécessité que l'ammoniaque de ces sels, pour céder de l'azote aux végétaux, arrive dans leurs organes sous la forme de carbonate, d'autant plus que ce carbonate est, avec le phosphate, le seul sel ammoniacal qui paraît agir directement et favorablement sur les plantes.

Cependant, s'il en est réellement ainsi, comment se fait-il que des sels d'ammoniaque, comme le chlorhydrate et le sulfate, passent à l'état de carbonate une fois qu'ils sont incorporés dans le sol? La bonne terre arable renferme presque toujours, il est vrai, du carbonate calcaire, mais nous n'avons pas de motifs pour admettre que ce calcaire échange son acide avec les sels ammoniacaux. On sait, au contraire, que le carbonate d'ammoniaque réagit instantanément sur le chlorhydrate et le sulfate de chaux, et que les produits de cette réaction sont, d'une part, du chlorhydrate et du sulfate d'ammoniaque, et, de l'autre, du carbonate calcaire. La théorie du plâtrage imaginée par M. Liebig repose même sur le fait de cette double décomposition, par laquelle le carbonate ammoniacal des eaux de pluie se trouve fixé à l'état de sulfate,

aux dépens du sulfate de chaux comme donné au sol amendement.

Cette réaction du sulfate de chaux sur le carbonate d'ammoniaque est incontestable : c'est bien là ce qui se passe dans nos laboratoires ; mais dans les champs, quand la terre bien ameublie contient juste la dose d'humidité nécessaire à toute bonne culture, la réaction entre les deux sels a encore lieu, mais elle a lieu en sens inverse. Alors c'est le carbonate de chaux qui réagit sur le sulfate d'ammoniaque, pour former du carbonate d'ammoniaque et du sulfate de chaux.

Ce résultat, tout singulier qu'il paraisse au premier énoncé, aurait cependant pu être prévu si l'on se fût rappelé les principes que Bertholet a posés dans sa Statique chimique.

Quand on mêle deux dissolutions salines, et que de ce mélange il peut en résulter un sel insoluble, le composé insoluble se forme et se précipite. C'est ce qui arrive en versant une dissolution de carbonate d'ammoniaque dans une dissolution de sulfate de chaux. Maintenant, si, au lieu de mettre en présence les deux sels dissous, on les mêle à l'état pulvérulent, en ajoutant la quantité d'eau strictement nécessaire pour favoriser la réaction sans en dissoudre les produits; comme, au sein d'un semblable mélange, il peut se former un composé volatil, ce composé se forme et se dégage : c'est le carbonate d'ammoniaque.

L'expérience probante est facile à faire et n'est pas sans intérêt : que l'on mêle intimement ensemble de

la craie préalablement lavée, et du sulfate d'ammoniaque cristallisé, si les deux poudres sont bien sèches, on n'apercevra aucune réaction ; que l'on introduise alors du sable mouillé, de manière à donner au mélange la consistance d'une terre arable meuble et suffisamment humide, à l'instant même il se développera des vapeurs de carbonate d'ammoniaque, reconnaissables à leur action sur les couleurs végétales et à leur odeur. Si l'on ajoute de l'eau en excès, si, par exemple, on délaye la matière, les vapeurs ammoniacales cessent aussitôt. Le carbonate d'ammoniaque, qui n'était pas encore volatilisé, se dissout et agit sur le sulfate de chaux déjà formé pour reconstituer du sulfate d'ammoniaque et du carbonate de chaux. Tout rentre alors dans la réaction ordinaire. Enfin, ce mélange trop aqueux étant exposé à l'air donne, de nouveau, des vapeurs ammoniacales au fur et à mesure que l'eau se vaporise, et le dégagement du sel volatil continue jusqu'à ce que la masse soit complétement desséchée. En entretenant un semblable mélange dans un état convenable et constant d'humidité, on peut, en deux ou trois jours, sous l'influence d'une température de 20 à 26°, faire dissiper la plus grande partie de l'ammoniaque du sulfate, et l'on obtient une quantité de sulfate de chaux qui donne la mesure du progrès de la réaction.

Il est presque inutile d'ajouter que le sulfate de chaux, placé dans des conditions d'humidité égales à celles où nous avons placé la craie, n'éprouve aucune action de la part du carbonate d'ammoniaque.

Ainsi, dans les circonstances ordinaires d'humidité où se trouvent les sols cultivés, il est au moins douteux que le plâtre retienne définitivement l'ammoniaque des eaux pluviales à l'état de sulfate.

Pour doser le sulfate de chaux produit dans la réaction qui se passe entre le sulfate d'ammoniaque et le carbonate de chaux, on traite par l'eau froide le mélange après qu'il a été entièrement desséché à l'air. La chaux du sulfate dissous est ensuite précipitée par l'oxalate d'ammoniaque et dosée à l'état de carbonate.

Pour constater la présence du sulfate d'ammoniaque, on peut faire digérer le mélange dans de l'alcool faible qui dissout ce sel sans prendre de sulfate de chaux.

Le chlorhydrate, le phosphate, et l'oxalate d'ammoniaque, se comportent comme le sulfate. Le carbonate calcaire se décompose dans les mêmes circonstances et en donnant lieu à des produits équivalents (1).

---

(1) 1° Un gramme de sulfate d'ammoniaque cristallisé, incorporé à cinq ou six fois son poids de craie, a donné, après deux jours d'exposition du mélange humide à l'air libre, 0gr.,80 de sulfate de chaux. Dans une autre expérience, on a obtenu, de 1gr.,015 de sulfate d'ammoniaque, 0gr.,85 de sulfate calcaire. Or, d'après les proportions du sel ammoniacal, on aurait dû obtenir 0gr.,91 et 0gr.,93 de sulfate de chaux. Ainsi, les $^9/_{10}$ environ de l'ammoniaque contenue dans le sulfate soumis à l'expérience avaient été transformés en carbonate ;

2° 1gr.,5 de sulfate d'ammoniaque a été mélangé avec 8 gramm. de craie et 60 à 70 gramm. de sable siliceux. Le mélange a été entretenu humide et exposé à l'air pendant quatre jours, la tempéra-

Les faits qui viennent d'être exposés permettent peut-être de concilier les résultats contradictoires obtenus dans l'application des sels ammoniacaux comme engrais. Quand on présente aux plantes du chlorhydrate, du phosphate, ou du sulfate d'ammoniaque, ces sels sont absorbés en quantité limitée, comme la plupart des substances solubles ; leur effet

---

ture étant de 20 à 26°. La matière, après avoir été desséchée par l'action de l'air, a été mise à digérer dans de l'alcool faible ; la liqueur alcoolique, évaporée, n'a donné qu'une trace insignifiante de sulfate ammoniacal. On a eu environ 1gr.,2 de sulfate de chaux ;

3° Un moyen très-simple de constater la réaction qui nous occupe, consiste à plonger un morceau de craie dans une dissolution de sulfate d'ammoniaque ; ce morceau de craie ainsi imbibé, étant exposé à l'air, émet pendant plusieurs jours des vapeurs de carbonate d'ammoniaque. Plusieurs fragments de craie mouillés avec la dissolution de sulfate, et exposés, au moyen d'un aspirateur, à un courant d'air contigu qui se lavait ensuite dans de l'acide chlorhydrique, ont laissé dégager assez de vapeurs ammoniacales pour former dans la liqueur acide près d'un gramme de sel ammoniac ;

4° Dans du sable siliceux légèrement humecté, on a incorporé 2 grammes de plâtre, puis le mélange, arrosé avec une dissolution renfermant 2 grammes de carbonate d'ammoniaque, est resté à l'air pendant huit jours, ayant toujours la consistance et l'humidité propres à une terre arable. Au bout de ce temps, on a laissé dessécher, puis on a traité le mélange par l'alcool faible : la liqueur alcoolique, évaporée, n'a pas laissé de sulfate d'ammoniaque ;

5° Du phosphate d'ammoniaque, mêlé à de la craie, et le mélange entretenu humide pendant quelques jours, s'est comporté comme le sulfate placé dans les mêmes circonstances ; les $^{9}/_{10}$ du phosphate ammoniacal ont été transformés en phosphate de chaux ;

6° La réaction de l'oxalate d'ammoniaque sur la craie se manifeste alors même que le mélange est très-aqueux ; ce qui s'explique, au reste, par l'affinité puissante de l'acide oxalique pour la chaux. La totalité de l'oxalate alcalin est promptement changée en oxalate calcaire et en carbonate d'ammoniaque.

utile se borne probablement à porter dans la plante du chlore, du phosphore et du soufre. Mais si, au lieu de les administrer isolément, dissous dans l'eau, comme on le fait dans les expériences de physiologie, on les incorpore dans un sol meuble et humide, ces mêmes sels réagissent sur le calcaire que contient presque toujours la terre arable, et se transforment en carbonate d'ammoniaque, dont il serait difficile de nier l'heureuse influence sur la végétation. Ces mêmes faits font présumer que le chaulage, le marnage, n'ont pas uniquement pour objet de fournir aux cultures l'élément calcaire ou alcalin qui leur manque, mais qu'ils agissent encore en apportant un principe, le carbonate de chaux, dont l'action toute particulière sur les engrais change, par voie de double décomposition, les sels ammoniacaux qui ne s'assimilent pas, en carbonate assimilable, qui porte dans la plante l'azote de la matière organique des fumiers, et le carbone tenu en réserve dans les roches calcaires.

Ces réactions entre des sels solubles et un sel insoluble, s'effectuant dans les conditions toutes spéciales que présente la terre arable, montrent en outre qu'il ne faut pas toujours conclure des phénomènes observés dans les laboratoires, aux phénomènes qui se réalisent dans la grande culture ; et il est vraisemblable qu'en étendant aux sels alcalins l'étude de ces réactions singulières, on comprendrait mieux l'action et le genre d'utilité des substances salines en agriculture. Ainsi, le rôle du sel marin comme amende-

ment est encore fort incertain. Des agronomes très-habiles doutent de son efficacité; en Angleterre, malgré l'abolition de l'impôt, on n'en consomme qu'une insignifiante quantité comme amendement. Cependant il ne serait pas impossible que, donné au sol à une dose modérée, il ait une certaine action. Dans les plantes marines, la soude se trouve en grande partie combinée à des acides organiques, et le chlore que l'analyse constate dans leurs cendres, n'est nullement en rapport avec la forte proportion d'alcali qu'elles contiennent. La totalité de sodium ne pénètre donc pas dans le végétal à l'état de chlorure, mais très-probablement à l'état de carbonate de soude, et cela, peut-être, par suite d'une réaction analogue à celle que fait éprouver le calcaire aux sels ammoniacaux. Il est vrai que le chlorure de sodium en dissolution ne subit aucune modification de la part du carbonate de chaux; mais on sait que si, dans du sable humecté avec cette même dissolution, on introduit de la craie en poudre et qu'ensuite on abandonne le mélange à l'air, on voit apparaître une effervescence de soude sesquicarbonatée. Ainsi, par les effets combinés de la capillarité et l'acide carbonique de l'atmosphère, le sel marin, dans les conditions que je viens de signaler, éprouve au contact de la craie une décomposition partielle, dont le résultat est du carbonate, et qui, comme tout sel alcalin, favorise le développement des plantes. On voit donc qu'il n'est pas impossible qu'en donnant du sel marin à un sol suffisamment calcaire, on l'amende réellement avec

du carbonate de soude; on comprend encore comment le même sel marin introduit dans une terre privée de carbonate de chaux, peut ne produire aucun effet appréciable sur les cultures.

L'énumération des substances comprises dans le tableau des équivalents des engrais, montre combien, par les résidus de ses fabriques, l'industrie peut seconder la production agricole. L'utilité de ces matières pour l'amélioration du sol, explique l'empressement que l'on met à les recueillir, malgré leur aspect repoussant et leur odeur infecte; dans les pays où la culture des terres est en voie de progrès, on recherche avec une sorte d'avidité les débris organiques de toute nature et de toute origine. C'est par l'art agricole que le rejet des abattoirs, la boue des villes, les matières immondes accumulées dans les voiries et les latrines, sont transformés en ces riches moissons, source des aliments substantiels, des produits des manufactures, avec lesquels se nourrissent et se vêtent les populations. S'il était possible de recueillir les déjections, les boues produites dans une contrée, la production agricole serait singulièrement simplifiée, et l'économie rurale d'une nation ressemblerait singulièrement à l'économie d'une ferme bien administrée, dans laquelle rien ne doit être perdu. Or, comme l'expérience établit d'une manière incontestable qu'une quantité donnée d'engrais détermine, par son union avec le sol, la production d'une quantité beaucoup plus considérable de substances alimentaires, on peut admettre rigoureusement que les immondices

d'une ville, si elles étaient utilisées comme fumier, reproduiraient, et bien au delà, les aliments nécessaires aux habitants. Ainsi, les ordures, les matières fécales de la ville de Paris assureraient annuellement un produit de plus de deux millions d'hectolitres de froment, et peut-être de soixante à quatre-vingts millions de kilogrammes de viande. Mais la plus grande partie des débris et des déjections d'une population agglomérée est irrévocablement perdue, et le peu qu'on utilise ne profite guère qu'aux cultures les plus voisines, parce qu'il est de la nature des matières fertilisantes de ne pas supporter les frais de transport.

Quant aux engrais que je nommerai *industriels*, qu'ils consistent en résidus rejetés des fabriques, ou qu'ils soient confectionnés directement par l'industrie, leur production est nécessairement renfermée dans des limites assez étroites, tandis que s'ils sont facilement transportables, le champ de leur débouché est en quelque sorte indéfini. Il résulte de ces conditions qu'il arrive bientôt un moment où leur application n'offre plus que des avantages bornés. En effet, on ne saurait nier que les bénéfices, souvent considérables, réalisés par le cultivateur intelligent en employant un engrais industriel nouvellement émis sur le marché, ne puissent être attribués à l'ignorance ou à l'inertie de ceux qui ne se tiennent pas au courant des progrès de l'art agricole. Que les bons préceptes se vulgarisent, et bientôt les demandes du nouvel engrais ne seront plus en rapport avec une production généralement limitée. Dès lors il surviendra

une hausse de prix qui amoindrira, si elle ne les fait pas disparaître entièrement, les avantages obtenus d'abord. C'est, au reste, le caractère de la science appliquée, d'être très-profitable aux esprits les plus éclairés : ensuite elle est un peu utile à tout le monde; la somme du bien est toujours la même, mais elle se répartie sur un plus grand nombre. Cette élévation de prix, conséquence de la limite dans la production, toutes les matières capables de devenir des engrais industriels la subiraient, fussent-elles des plus communes, et du prix le plus modéré ; et cela, à cause de l'immense étendue du marché qui leur serait ouvert, dans l'hypothèse d'un transport peu dispendieux. Il serait facile de démontrer quelle minime influence peuvent, en définitive, causer sur la production agricole, considérée dans son ensemble, les engrais provenant de l'industrie manufacturière. La quantité de matière élaborée par cette industrie est considérable sans doute ; mais cette quantité n'est plus rien quand on la compare à la masse vraiment extraordinaire des produits qui, chaque année, sortent des immenses ateliers de l'agriculture.

Je suis bien loin, cependant, de contester les services réels que, sous le rapport des engrais, l'industrie agricole attend de l'industrie manufacturière et du commerce : nul doute que tous les efforts doivent tendre à ne rien laisser perdre de ce qui peut contribuer à fertiliser la terre. Les substances de l'organisme animal, si riches en azote et en phosphates, sont déjà exportées au loin ; la dessiccation, en réduisant

leur masse, tout en conservant leur énergie, permet de les expédier à de grandes distances. Le sol des Antilles est fécondé avec du sang, de la chair musculaire desséchés à Londres ou à Paris; les céréales de l'Europe sont quelquefois fumées avec le guano des îles de la mer du Sud; les tourteaux fournis par des graines oléagineuses récoltées en Égypte améliorent les cultures du midi de la France. Mais ce que je veux établir, c'est que tous ces engrais auxiliaires ne bonifieront jamais qu'nne fraction très-restreinte du territoire; et je persiste à croire que c'est par l'introduction des méthodes rationnelles qu'on doit espérer le progrès agricole d'une contrée; c'est par l'application de ces méthodes que le cultivateur crée les fumiers qui font produire à la terre de riches moissons, tout en lui conservant, en augmentant même sa fertilité. C'est dans la prairie que l'agriculteur les trouve et l'on prouverait facilement que les éléments de l'engrais normal, le plus certain et presque toujours le plus économique, sont réellement pris dans l'atmosphère et dans les eaux d'irrigation.

Tableau de la valeur comparée des engrais.

Le tableau qui termine ce chapitre est emprunté aux mémoires publiés par M. Payen et moi, il y a bientôt dix ans. Dès cette époque, nous avions établi de la manière la plus formelle l'importance des substances minérales dans les engrais; car, tout en proclamant la nécessité absolue des principes azotés, nous étions si éloignés de penser que ces

principes fussent les seuls capables de contribuer à l'amélioration du sol, que nous reconnaissions les sels alcalins et terreux comme indispensables au développement des végétaux. J'ai dû rappeler ces faits, parce que plusieurs auteurs, dans leurs écrits sur des sujets agricoles, ont affecté de croire que l'azote était pour nous l'unique élément utile des fumiers. Des publications remontant à 1837; les discussions soulevées dans cet ouvrage, prouvent surabondamment que nous n'avons jamais professé une opinion aussi exclusive. Quand, en 1840, nous avons exécuté notre travail, il n'existait pas, que je sache, une seule analyse d'engrais: il fallait bien commencer; et, comme nous voyions alors, comme aujourd'hui, l'élément le plus important, dans la substance azotée, nous avons d'abord procédé à la recherche de l'azote dans cent trente espèces de matières utilisées comme engrais.

Depuis, en vue de compléter les équivalents, j'ai introduit dans la table un élément nouveau, l'acide phosphorique, afin de pouvoir comparer les matières fertilisantes au fumier de ferme, sous le rapport des phosphates. Malheureusement, je n'ai pu étendre cette recherche à toutes les substances inscrites dans le tableau, c'est que le dosage de l'acide phosphorique est bien moins rapide que celui de l'azote. Au reste, il est dans l'essence des données numériques destinées aux applications de se perfectionner avec le temps; il y a donc lieu d'espérer que, d'ici à quelques années l'analyse apportera dans les équivalents des engrais, d'importantes rectifications.

TABLEAU

DE LA VALEUR COMPARÉE DES ENGRAIS.

DÉSIGNATIONS.	EAU POUR 100.	AZOTE dans 100 DE MATIÈRE		ACIDE PHOSPHORIQ. dans 100 de matière sèche.	ÉQUIVALENT sous LE RAPPORT DE L'AZOTE A L'ÉTAT		ÉQUIVALENT sous le rapport DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE A L'ÉTAT		OBSERVATIONS.
		sèche.	non desséch.		sec.	non desséché	sec.	non desséché	
Fumier de ferme.....	79,0	2,00	0,41	1,00	«	«	«	«	Bechelbronn.
Fumier de ferme.....	65,0	1,80	0,63	2,25	«	«	«	«	Angleterre.
Fumier d'écurie.....	60,6	2,08	0,79	«	«	«	«	«	
Fumier du Jardin-des-Plantes.	58,5	1,29	0,53	1,21	«	«	«	«	Paris.
Fumier de Grignon	70,5	2,45	0,72	2,00	«	«	«	«	Fumiers mélang. p. M. Bella
Fumier de la ménagerie.....	66,8	1,60	0,53	0,78	«	«	«	«	Provenant de divers animaux.
Fumier moyen.....	66,7	1,87	0,60	1,45	100,0	100,0	100,0	100,0	Moyenne des fumiers précéd.
Paille de froment.....	19,3	0,50	0,24	0,22	625,3	250,0	659,1	266,7	Paille fraîche d'Alsace.
Paille de froment.....	5,3	0,55	0,49	0,21	352,8	122,5	690,5	240,0	Paille ancienne de Paris.

Paille de seigle.....	12,2	0,20	0,17	0,15	935,0	352,9	966,6	369,2	D'Alsace.
Paille de seigle.....	12,6	0,50	0,42	«	374,0	142,9	«	«	Environs de Paris.
Paille d'avoine.....	21,0	0,36	0,28	0,21	519,4	214,2	690,5	300,0	Alsace
Paille d'orge.....	11,0	0,26	0,23	0,20	719,2	260,9	725,0	266,7	
Balles de froment.....	7,6	0,94	0,85	0,57	198,9	70,6	254,4	90,6	
Paille de pois.....	8,5	1,95	1,79	«	95,9	33,5	«	«	
Paille de millet.....	19,0	0,96	0,78	«	194,8	76,9	«	«	
Paille de sarrazin.....	11,6	0,54	0,48	«	346,3	125,0	«	«	
Paille de lentille.....	9,2	1,12	1,01	«	166,9	59,4	«	«	
Tiges sèches de topinambours	12,9	0,43	0,37	«	434,9	162,1	«	«	
Fanes de madia.....	14,3	0,66	0,57	«	283,3	105,3	«	«	
Fanes de colza.....	12,8	0,86	0,75	0,30	217,4	80.0	483,3	184,6	
Fanes d'œillette.....	13,5	1,10	0,95	«	170,0	63,1	«	«	
Fanes de pommes de terre...	76,0	2,30	0,55	«	81,3	109,1	«	«	

SUITE DU TABLEAU DE LA VALEUR COMPARÉE DES ENGRAIS.

DÉSIGNATION.	EAU POUR 100.	AZOTE dans 100 DE MATIÈRE		ACIDE PHOSPHORIQ. dans 100 de matière sèche.	ÉQUIVALENT sous LE RAPPORT DE L'AZOTE A L'ÉTAT		ÉQUIVALENT sous le rapport DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE A L'ÉTAT		OBSERVATIONS.
		sèche.	non desséch.		sec.	non desséché	sec.	non desseché	
Feuilles de carottes.....	70,9	2,94	0,85	»	63,6	70,6	»	»	
Feuilles de chêne.....	25,0	1,57	1,18	»	119,1	50,8	»	»	Récemment tombées en automne.
Feuilles de peuplier.....	51,1	1,17	0,54	»	159,9	111,1	»	»	
Feuilles de hêtre.....	39,3	1,91	1,18	»	97,9	50,8	»	»	
Feuilles d'acacia.....	53,6	1,56	0,72	»	119,9	83,3	»	»	
Buis.....	59,3	2,89	1,17	»	64,7	51,3	»	»	Rameaux et feuilles.
Racines de trèfle.....	9,7	1,77	1,61	»	105,6	57,3	»	»	Desséchées à l'air.
Fucus digitatus.....	59,2	1,41	0,86	0,49	132,6	69,8	295,9	160,0	Séché à l'air.
Fucus saccharinus.....	75,5	»	0,54	»	»	111,1	»	»	Sortant de la mer Méditerranée.
Fucus saccharinus.....	40,0	2,29	1,38	0,19	81,7	44,9	763,2	436,4	Séché à l'air.

Roseaux marins.....	»	0,96	»	»	194,8	»	»	»	Secs.
Gœmon brûlé.....	3,8	0,40	0,38	»	467,5	157,9	»	»	
Sciure de sapin.....	24,0	0,31	0,23	0,03	603,2	260,9	4833,3	2400,0	
Sciure de chêne.....	26,0	0,72	0,54	0,04	259,7	111,1	3625,0	1600,0	
Tourraillons d'orge	6,0	4,90	4,51	»	38,2	13,3	»	»	Détachés de l'orge germé.
Graines de lupin.....	10,5	4,35	3,49	»	43,0	17,2	»	»	Bouillis et séchés. Toscane.
Marc de pommes.....	6,4	0,63	0,59	»	296,8	101,7	»	»	Séché à l'air.
Marc de houblon.....	73,0	2,23	0,56	»	83,8	101,8	»	»	
Pulpe de betterave.....	70,0	1,26	0,38	0,40	148,4	157,9	362,5	400,0	Sortant de la presse.
Pulpe de pommes de terre...	73,0	1,95	0,53	0,44	95,9	113,2	329,5	400,0	Des féculeries.
Eau des féculeries.....	99,2	8,28	0,07	»	22,6	857,1	»	»	Du lavage à quatre volume d'eau.
Marc de raisin.....	68,6	2,00	0,63	0,80	93,5	95,2	181,2	19,1	Alsace.
Marc de raisin.....	48,2	3,31	1,17	»	56,5	51,3	»	»	
Tourteau de lin.....	13,4	6,00	5,20	3,83	31,2	11,5	37,8	14,5	On a 40 p. 100 graines.

SUITE DU TABLEAU DE LA VALEUR COMPARÉE DES ENGRAIS.

DÉSIGNATION.	EAU POUR 100.	AZOTE dans 100 DE MATIÈRE		ACIDE PHOSPHORIQ. dans 100 de matière sèche.	ÉQUIVALENT sous LE RAPPORT DE L'AZOTE A L'ÉTAT		ÉQUIVALENT sous le rapport DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE A L'ÉTAT		OBSERVATIONS.
		sèche.	non desséch.		sec.	non desseché	sec.	non desseché	
Tourteau de colza.....	10,5	5,50	4,92	4,34	34,0	12,2	33,4	12,4	
Tourteau d'arachis.....	6,6	8,89	8,38	»	21,0	7,2	»	»	
Tourteau de madia.....	11,2	5,70	5,06	3,83	32,8	11,8	37,8	14,1	
Tourteau de caméline.....	6,5	5,93	5,52	»	31,5	10,9	»	»	
Tonrteau de chenevis.....	5,0	4,78	4,21	1,08	39,2	14,2	134,2	46,6	
Tourteau de pavot.....	6,0	5,70	5,36	»	32,8	11,2	»	»	
Tourteau de faines.....	6,2	3,53	3,31	1,16	53,0	18,1	125,0	44,0	
Tourteau de noix.....	6,0	5,59	5,24	1,48	33,4	11,4	98,0	34,5	
Tourteau de graine de coton.	11,0	4,52	4,02	»	41,4	14,9	»	»	
Tourteau de sésame.....	»	7,47	6,79	»	25,0	8,8	»	»	

Marc d'olive.....	»	»	7,38	»	»	8,1	»	»	
Tourteau d'épuration.....	7,7	0,58	0,54	»	322,4	111,1	»	»	De l'huile de poisson.
Tourteau d'épuration.....	10,0	3,92	3,54	»	47,7	16,9	»	»	Des graisses de cuisine, par la sciure de peuplier.
Excréments de vache.....	85,9	2,30	0,32	0,74	81,3	187,5	195,9	480,0	
Urine de vache.....	88,3	3,80	0,44	0,00	49,2	136,4	0,0	0,0	
Urine de vache.....	92,1	12,15	0,96	0,00	15,4	62,5	0,0	0,0	
Déjections de vache.....	84,3	2,59	0,41	0,55	72,2	146,3	263,6	533,3	Excréments et urine.
Excréments de cheval.....	75,3	2,21	0,55	1,22	84,6	109,1	118,8	160,0	
Urine de cheval.....	79,1	12,50	2,61	0,00	15,2	22,9	0,0	0,0	Urine épaisse.
Urine de cheval.....	91,0	16,44	1,48	0,00	11,4	40,5	0,0	0,0	
Déjections de cheval.....	75.4	3,02	0,74	1,12	61,9	81,1	129,5	178,9	Excréments et urine.
Excréments de porc.....	84,0	4,40	0,70	3,87	42,5	85,7	37,5	77,4	
Urine de porc.....	97,9	11,0	0,23	2,09	17,0	260,9	69,0	1200,0	
Déjections de porc.....	93,8	5,95	0,37	3,44	31,4	162,2	42,2	228,6	Excréments et urine.

Digitized by Google

SUITE DU TABLEAU DE LA VALEUR COMPARÉE DES ENGRAIS.

DÉSIGNATION.	EAU POUR 100.	AZOTE dans 100 DE MATIÈRE		ACIDE PHOSPHORIQ. dans 100 de matière sèche.	ÉQUIVALENT sous LE RAPPORT DE L'AZOTE A L'ÉTAT		ÉQUIVALENT sous le rapport DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE A L'ÉTAT		OBSERVATIONS.
		sèche.	non desséch.		sec.	non desseché	sec.	non desseché	
Excréments de mouton.....	57,6	1,70	0,72	1,52	110,0	83,3	95,4	75,0	
Urine de mouton.....	86,5	9,70	1,31	0,05	19,3	45,8	4833,3	12000,0	Excréments et urine.
Déjection de mouton.....	67,1	2,79	0,91	1,32	67,0	63,9	109,8	111,6	
Excréments de pigeon.....	61,8	9,12	3,48	5,88	20,5	17,2	24,7	21,3	Excréments frais.
Colombine.....	9,6	9,02	8,30	»	20,7	7,2	»	»	Du colombier.
Excréments de l'homme....	73,3	1,48	0,40	0,82	126,3	150,0	176,8	218,2	Analyse de Berzélius.
Urine de l'homme.....	93,3	21,64	1,45	3,88	8,6	41,4	37,4	184,6	Id.
Déjection de l'homme.....	91,0	14,67	1,33	2,85	12,7	45,1	50,9	184,6	Excréments et urine.
Urine des pissoirs publics....	96,9	23,22	0,72	»	8,0	83,3	»	»	
Engrais flamands.....	»	»	0,20	»	»	300,0	»	»	Liquide.

Poudrette de Belloni.....	12,5	4,40	3,85	»	42,5	15,6	»	»	Séchée à l'air.
Poudrette de Bercy de 1847..	13,6	2,29	1,98	2,55	81,7	30,3	56,9	21,8	Analyse de M. Soubeiran.
Poudrette de Montfaucon....	41,4	2,67	1,56	1,08	70,0	38,5	134,3	76,2	A l'état où elle est livrée.
Poudrette Montfaucon 1847..	28,0	2,47	1,78	4,80	75,7	33,7	30,2	13,9	Analyse de M. Soubeiran.
Noir animalisé.....	44,6	1,96	1,09	»	95,4	55,2	»	»	Préparé depuis un an.
Noir animalisé.....	42,0	2,96	1,72	»	63,2	34,9	»	»	Récemment fabriqué.
Noir animalisé.....	44,1	2,48	1,36	»	75,4	44,1	»	»	Fabriqué à Lyon.
Herbes marines animalisées..	12,1	2,73	2,40	»	68,5	25,0	»	»	Séchées à l'étuve, Marseille.
Litière de vers à soie.....	14,3	3,48	3,29	»	53,7	18,2	»	»	
Chrysalide du vers à soie....	78,5	8,99	1,94	»	20,8	30,9	»	»	
Chair musculaire.....	8,5	14,25	13,04	0,24	13,1	4,6	604,2	218,2	Séchée à l'air.
Pain de creton.....	8,2	12,93	11,88	»	14,4	5,1	»	»	
Sang liquide.....	81,0	15,58	2,95	1,65	»	20,3	88,9	154,8	Des abattoirs.
Sang sec, soluble.....	21,4	15,50	12,18	1,68	12,1	4,9	86,3	36,4	Tel qu'on l'expédie.

SUITE DU TABLEAU DE LA VALEUR COMPARÉE DES ENGRAIS.

DÉSIGNATION.	EAU POUR 100.	AZOTE dans 100 DE MATIÈRE		ACIDE PHOSPHORIQ. dans 100 de matière sèche.	ÉQUIVALENT sous LE RAPPORT DE L'AZOTE A L'ÉTAT		ÉQUIVALENT sous le rapport DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE A L'ÉTAT		OBSERVATIONS.
		sèche.	non dessech.		sec.	non desséché	sec.	non desséché	
Sang coagulé et pressé.....	73,5	17,00	4,51	»	11,0	13,3	»	»	Sortant de la presse.
Résidu du bleu de Prusse...	53,4	2,80	1,31	»	66,8	45,8	»	»	Animalisé de sang.
Os fondus.....	7,5	7,58	7,02	24,00	24,7	8,5	6,0	2,2	Séchés à l'air.
Os fondus humides.....	30,0	»	5,31	»	»	11,3	»	»	Livrés par les fondeurs.
Os gras non fondus.....	8,0	8,89	6,22	22,20	21,0	9,6	6,5	2,3	Renfermant 10 de graisse.
Poudre d'os.....	»	7,92	»	24,00	23,6	»	6,0	»	Séchée à l'étuve.
Résidus de colle d'os.....	42,0	0,91	0,53	»	205,5	113,2	»	»	
Marc de colle.....	33,6	5,63	3,73	»	33,2	16,1	»	»	
Noir fin, neuf.....	0,0	1,32	»	33,50	141,7	»	4,3	1,4	Os carbonisés secs.
Noir des raffineries.....	47,7	2,04	1,06	»	91,7	56,6	»	»	Tel qu'on l'expédie.

Noir fin des raffineries.....	»	2,44	»	26,00	76,6	»	5,6	1,8	Desséché, ayant servi 1 fois.
Noir fin des raffineries.....	»	3,38	»	21,20	55,3	»	6,8	2,3	Desséché, ayant servi 2 fois.
Noir anglais.....	13,5	17,61	15,34	»	10,6	3,9	»	»	Sang, chaux, suie.
Râpure de corne.....	9,0	15,78	14,36	»	11,8	4,2	»	»	
Plumes.....	12,9	17,61	15,34	»	10,6	3,9	»	»	
Bourre de poil de bœuf.....	8,9	15,12	13,78	»	12,4	4,3	»	»	
Chiffons de laine.....	11,3	20,26	17,98	»	9,2	3,3	»	»	
Guano du Pérou.....	19,6	6,20	5,00	»	30,2	12,0	»	»	Importé d'Angleterre.
Guano du Pérou.....	11,3	15,73	13,95	»	11,8	4,3	»	»	Importé en France.
Guano du Pérou	25,6	7,42	5,52	20,00	25,2	10,9	7,2	3,2	M. Denham Smith.
Guano du Pérou	25,7	5,92	4,41	22,00	31,6	13,6	6,5	2,9	Id.
Guano du Pérou.....	25,4	5,60	4,19	14,80	33,4	14,3	9,8	4,3	Id.
Guano d'Afrique.....	25,0	8,25	6,19	17,00	22,7	9,7	8,5	3,8	M. Kasten.
Terreau de crottin.....	»	1,03	»	»	181,5	»	»	»	Desséché à l'étuve.

SUITE ET FIN DU TABLEAU DE LA VALEUR COMPARÉE DES ENGRAIS.

DÉSIGNATION.	EAU POUR 100.	AZOTE dans 100 DE MATIÈRE		ACIDE PHOSPHORIQ. dans 100 de matière sèche.	ÉQUIVALENT sous LE RAPPORT DE L'AZOTE A L'ÉTAT		ÉQUIVALENT sous le rapport DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE A L'ÉTAT		OBSERVATIONS.
		sèche.	non desséch.		sec.	non desséché	sec.	non desséché	
Terreau végétal.....	»	2,90	»	»	64,5	»	»	»	
Suie de bois.....	5.6	1,31	1,15	1,00	142,7	52,2	145,0	51,1	
Suie de houille.....	15,6	1,59	1,35	»	117,6	44,4	»	»	
Cendres vitrioliques.....	9,2	0,71	0,65	»	263,4	92,3	»	»	De Picardie.
Cendres vitrioliques.....	»	2,72	»	»	68,7	»	»	»	Desséchées, de Forges-les-Eaux.
Coquilles d'huîtres.....	17,9	0,40	0,32	0,65	467,5	187,5	223,1	90,6	
Coquillages de mer.....	»	»	0,05	0,65	»	1200,0	223,1	»	Dunkerque.
Tréaz de la rade de Roscott..	0,5	0,14	0,13	»	1335,7	461,5	»	»	Sable de mer.
Merl	1,0	0,52	0,51	»	359,6	117,6	»	»	
Vase de la rivière de Morlaix.	3,7	0,42	0,40	»	445,2	150,0	»	»	

CHAPITRE XI.

DES EAUX.

L'eau n'entre pas seulement dans la constitution des plantes; elle favorise encore la végétation à la manière des engrais, à cause des substances salines ou des matières organiques qu'elle renferme. La pluie est l'origine des eaux douces qui coulent dans les fleuves, qui surgissent du sol ou qui reposent dans les lacs. L'eau pluviale approche de l'état de pureté; cependant, on ne doit pas la considérer comme absolument exempte de corps étrangers. L'air, surtout après une sécheresse prolongée, tient toujours des poussières en suspension : ces poussières cèdent, à la pluie qui les entraîne, les principes solubles. On sait aussi, par les expériences de Cavendish et de Séguin, que toutes les fois que l'étincelle électrique traverse un mélange humide d'oxygène et d'azote, il y a production d'acide nitrique et de nitrate d'ammoniaque. Or, cette circonstance se présente fréquemment dans l'atmosphère : aussi arrive-t-il, comme l'a constaté M. Liebig, que la pluie d'orage contient constamment de l'acide nitrique uni à la chaux ou à l'ammoniaque. La pluie ordinaire ne renferme que fort rarement

des nitrates; on y trouve seulement de légères traces de sel marin (1).

Dans l'eau des rivières et dans celle des sources, il existe nécessairement une plus forte proportion de matières dissoutes provenant des terrains qu'elle traverse, et dont la nature varie avec la constitution géologique des localités. Sur des roches cristallines anciennes non altérées, comme le granit, coulent quelquefois des eaux si peu chargées de sels, qu'on peut, pour ainsi dire, les considérer comme de l'eau distillée. Celles au contraire qui roulent sur un lit calcaire, ou qui sortent de formations gypseuses, sont toujours souillées par des sels de chaux. Néanmoins, malgré la faible quantité de substances salines ou terreuses que les eaux de sources et de rivières renferment presque constamment, elles sont potables, et on les considère comme bonnes quand elles sont limpides, sans odeur; quand elles dissolvent le savon, et qu'elles permettent la cuisson des légumes.

L'action des réactifs indique facilement quelle est la constitution des sels dissous.

Une eau contiendra : *des sulfates*, ou *des carbonates*, si elle précipite par le nitrate de baryte; ce sera un sulfate, si le précipité ne se redissout pas par l'addition de l'acide nitrique;

Des chlorures, si elle donne, par le nitrate d'argent, un précipité cailleboté, insoluble par une addition d'acide nitrique;

---

(1) *Annales de Chimie*, t. XXXV, 2e série.

De la chaux, si elle est troublée par l'oxalate d'ammoniaque ;

De la magnésie, si, mêlée à de l'ammoniaque pure et conservée dans un flacon bien bouché, il se forme un dépôt blanc floconneux. Toutefois, ce réactif ne donne une indication sûre qu'autant qu'on l'applique à une eau ayant subi une ébullition assez prolongée pour chasser tout l'acide carbonique qui favorise la dissolution du carbonate de chaux. En effet, l'ammoniaque précipite ce sel, au bout de quelques heures, sous forme de cristaux grenus.

Pour rendre plus sensible l'action des réactifs, il convient d'opérer sur de l'eau réduite à la moitié ou au quart de son volume par l'évaporation.

Outre des sels fixes, l'eau de rivière renferme toujours des sels ammoniacaux, notamment du carbonate; ce fait a été constaté pour la première fois par M. Chevreul, sur l'eau de la Seine (1). Depuis, M. Liebig a trouvé le même sel ammoniacal dans la pluie, et M. Huenfeld a prouvé que l'eau de source en contient également (2). Enfin, M. Hermann a pu doser du carbonate d'ammoniaque dans les eaux ferrugineuses d'une tourbière. L'eau du Nil n'est point exempte de ce sel, si on en juge du moins par l'analyse du limon qu'elle dépose. Selon Regnault, 100 parties de ce limon desséché à l'air contiennent (3) :

---

(1) Chevreul, *Annales de Chimie*, t. LXXXII, p. 56.

(2) Liebig, *Traité de Chimie*, introduction, p. cij.

(3) *Description de l'Égypte*, t. II, p. 406.

Chlorure de sodium, sulfate de soude et *carbonate d'ammoniaque*.....	1
Matières organiques.....	9
Eau.....	10
Oxyde de fer.....	6
Silice.....	4
Alumine.....	48
Carbonate de chaux.....	18
Carbonate de magnésie.....	4
	100

Une analyse plus récente, faite par M. Lassaigne, a donné :

Silice.....	42,5
Alumine.....	24,3
Peroxyde de fer.....	13,6
Carbonate de chaux.....	3,9
Carbonate de magnésie.....	1,2
Magnésie.....	1,0
Acide ulmique et matière azotée.....	2,8
Eau.....	10,7
	100,0

Les belles expériences synthétiques de M. Dumas établissent que l'eau est formée de :

Oxygène.....	88,89
Hydrogène....	11,11

Quand elle est pure, elle bout à la température de 100° sous la pression barométrique de 0^{m},76. Elle se congèle à 0°.

Tous les corps de la nature se dilatent, augmentent de volume par l'action de la chaleur, et se contractent par suite d'un abaissement de température. L'eau est assujettie à cette loi, entre des limites assez étendues;

elle s'en écarte cependant et présente une anomalie quand elle approche de la congélation. Ainsi, comme pour tous les liquides, la densité de l'eau s'accroît graduellement à mesure qu'elle se refroidit, jusqu'à ce qu'elle ait atteint la température de + 4°,1. A partir de ce point, la densité diminue, le liquide va toujours en se dilatant de plus en plus, de manière que, à 0° il occupe à très-peu près le même volume qu'il occupait à + 9°. De cette propriété singulière, il résulte que, pendant les froids les plus intenses, l'eau dormante sur les prairies atteint bien rarement une température inférieure à + 4°,1, température qui ne porte aucun préjudice aux organes des plantes. Supposons, en effet, qu'au commencement de l'hiver une nappe d'eau stagnante soit à + 12°; à mesure que le liquide placé à la surface se refroidit, il devient plus dense, descend, et est aussitôt remplacé par les couches inférieures, qui s'élèvent en raison de leur moindre densité; mais ces nouvelles couches supérieures se trouvant soumises à la cause refroidissante, se contractent et descendent à leur tour. Il s'établit alors dans les molécules du liquide des mouvements ascendants et descendants dont le résultat est le refroidissement de la masse totale. Admettons maintenant que, par suite de ce mélange continuel des couches supérieures refroidies, avec les couches inférieures, la température de la nappe d'eau soit descendue à + 4°,1; arrivée à ce point de l'échelle thermométrique, l'eau a atteint son maximum de densité; en perdant de la chaleur, non-seulement

elle ne se contracte plus, mais elle devient plus légère. Si donc une masse d'eau tranquille, ayant une température de + 4°,1, est exposée à l'action refroidissante de l'atmosphère, la couche supérieure, bien que plus froide que les couches inférieures, ne sera plus sollicitée à descendre, puisqu'en fait elle deviendra de plus en plus légère à mesure que sa température s'abaissera. C'est ainsi que l'eau d'une mare, d'un lac, gèle à la surface, tandis que dans la profondeur elle conserve une température de quelques degrés au-dessus de 0. Dans une circonstance où la température de l'air était de 2°,5 au-dessous de 0, Davy a vu le thermomètre indiquer + 6° dans l'herbe d'une prairie inondée, entièrement couverte de glace (1).

L'eau est toujours imprégnée d'air atmosphérique et d'une faible quantité d'acide carbonique. Privée d'air, elle est peu agréable à boire ; on assure même qu'à la longue elle peut causer des accidents assez graves ; par l'ébullition, elle laisse dégager les gaz qu'elle tient en dissolution. L'eau de rivière renferme le plus ordinairement le 1/30 de son volume en air, et le 1/50 en gaz acide carbonique. Dans les eaux de source, la proportion de ce dernier gaz est souvent beaucoup plus forte.

La quantité et la nature des substances salines contenues dans l'eau potable sont assez variables, et, au point de vue agricole, une étude approfondie des eaux,

(1) Davy, *Chimie agricole*, t. II, p. 100.

sous le rapport des sels qu'elles renferment, aurait certainement son utilité. Celles qui abreuvent le bétail d'une ferme introduisent dans la masse des engrais toutes les matières qui y sont dissoutes ou tenues en suspension, et il arrive annuellement au fumier, par ce moyen, une forte quantité de sels alcalins. Quand un cultivateur aura le choix entre plusieurs eaux pour abreuver ses animaux ou pour irriguer ses prés, il fera bien de donner la préférence à celle qui sera la plus riche en sels alcalins sans cesser d'être potable. Dans les steppes de l'Amérique, on est étonné du discernement avec lequel le bétail distingue, pour se désaltérer, les eaux dans lesquelles il entre de faibles doses de sulfate de soude ou de sel marin.

Je terminerai les considérations que je viens d'exposer, en rapportant les analyses qui sont parvenues à ma connaissance.

TABLEAU.

Digitized by Google

ANALYSE DES EAUX DES ENVIRONS DE PARIS (1)
Par MM. Boutron-Charlard et O. Henry.

SUBSTANCES contenues DANS 100 LITRES D'EAU.	BICARBONATES de chaux et de magnésie.	SULFATE ANHYDRE de chaux.	SULFATES ANHYDRES de magnésie et de soude.	CHLORURES de calcium, de sodium et de magnésium.	SELS DE POTASSE.	NITRATE ALCALIN.	SILICE, ALUMINE et oxyde de fer.
	gr.	gr.	gr.	gr.			gr.
Eau de la Seine	25,95	3,5	2,1	2,5	indices.	indices.	1,7
— de la Marne au pont de Charenton	42,1	2,2	1,6	2,0	»	indices.	5,0
— d'Arcueil	21,8	13,8	7,2	8,1	indices.	indices.	1,3
— de Belleville	40,0	110,0	52,0	40,0	»	indices	10,0
— des près Saint-Gervais.	4,4	45,0	10,0	60,0	»	indices.	2,0
— de la Bièvre	30 3	11,6	17,0	18,1	»	»	5,4
— de la rivière de l'Ourcq.	10,7	8,2	5,1	1,4	»	indices.	2,7
— de la Collinance	19,3	6,0	25,0	10,0	»	indices.	5,0
— du Clignon	24,7	1,4	6,0	4,0	»	»	0,9
— de la Cergogne	22,1	1,1	6,0	2,0	»	indices.	1,0
— de la Theronenne	38,0	6,1	4,1	5,9	»	»	5,1
— de la Roche de Crégy	81,6	147,0	17,5	11,0	»	indices.	2,4
— du Rutel	21 6	5,0	31,0	12 0	»	indices.	6,0
— de la Bemronne	74,2	7,1	18,0	10,5	»	indices.	6,3
— du Mory	31,5	5,5	10,2	15,5	»	indices.	5,0
— de l'Arneuse	25,6	2,0	5 6	1,4	»	indices.	4,4
— du canal de l'Ourcq	23,5	6,0	9,5	11,5	»	indices.	6,9

(1) Dans toutes les eaux examinées, on a constaté des traces de matières organiques.

Nous devons à M. Deville, doyen de la Faculté des sciences de Besançon, d'excellentes recherches sur la composition des eaux potables (2). Cet habile chimiste a toujours trouvé de la silice, et souvent en quantité très-notable, dans celles qu'il a examinées; cette silice, dissoute par un peu d'alcali, est dans l'état le plus favorable pour pénétrer dans l'organisme des plantes ou des animaux. M. Deville explique la présence du peroxyde de fer et de l'alumine par la propriété qu'auraient ces oxydes de se dissoudre à la

(2) Deville, *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXIII, 3e série.

faveur de l'acide carbonique. La solubilité de l'alumine rendrait probable, que la faible proportion de cette terre que l'on rencontre fréquemment dans les cendres des plantes n'est pas due, comme on le suppose généralement, à une cause accidentelle, par exemple à la terre végétale restée adhérente à la plante incinérée. L'eau de la Garonne a présenté des traces de phosphate de chaux et de manganèse. Dans toutes les analyses, à l'exception d'une seule, M. Deville a dosé de l'acide nitrique; j'avais déjà trouvé, de mon côté, des nitrates dans l'eau potable des sources de Roye, près Lyon, et M. Dupasquier, quelques années après, en rencontrait dans le Rhône. Je crois que la présence d'un nitrate dans les eaux a été observée pour la première fois par Halley, il y a plus d'un siècle, dans celles du lac de *Tacarigua* ou de *Valencia*, situé dans la république de Venezuela (1). Enfin M. Deville est parvenu à isoler une matière organique azotée, ayant l'aspect d'une poudre brune, à odeur fétide, et donnant une solution aqueuse jaune foncée; c'est une matière analogue aux acides *crénique* et *apocrénique* de Berzélius, et qui entre peut-être pour quelques dix-millionièmes dans l'eau de rivières.

Voici les résultats obtenus par M. Deville :

---

(1) Humboldt, *Voyage aux régions équinoxiales*, t. V, p. 196.

L'eau de la Garonne a été prise à Toulouse,
— de la Seine — à Bercy,
— du Rhin — à Strasbourg,
— de la Loire — près Orléans,
— du Rhône — à Genève,
— du Doubs — au port de Rivotte.

Les eaux de sources, si l'on en excepte celle d'Arcueil amenée à Paris, et celle de Suzon qui alimente la ville de Dijon, proviennent toutes des environs de Besançon ; l'eau dont la composition est inscrite dans la dernière colonne du tableau des eaux de sources vient d'un puits percé dans la ville.

EAUX DE RIVIÈRES DANS 100 LITRES.

	GARONNE	SEINE.	RHIN.	LOIRE.	RHONE.	DOUBS.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr	gr.
Silice	4,01	2,44	4,88	4,06	2,38	1,59
Alumine	»	0,05	0,25	0,71	0,39	0,21
Oxyde de fer	0,31	0,23	0,58	0,55	»	0,30
Carbonate de chaux	6,45	16.55	15,56	4,81	7,89	19,10
Carbonate de magnésie	0,34	0,27	0,50	0,61	0,49	0,25
Sulfate de chaux	»	2,69	1,47	»	4,66	»
Sulfate de magnésie	»	»	»	»	0,63	»
Chlorure de magnesium	»	»	»	»	»	0,05
Chlorure de sodium	0,32	1,25	0,20	0,48	0,17	0,23
Carbonate de soude	0,65	»	»	1,46	»	»
Sulfate de soude	0,53	»	1,55	0,34	0,74	0,51
Sulfate de potasse	0,76	0,50	»	»	»	»
Nitrate de potasse	»	»	0,38	»	0,40	0,41
Nitrate de soude	»	0,94	»	»	0,45	0,39
Nitrate de magnésie	»	0,52	»	»	»	»
Silicate de potasse	»	»	»	0,44	»	»
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
	13,67	25,44	25,17	13,46	18,20	23,02
	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.
Air atmosphérique. } en litres.	2,36	1,71	2,52	2,05	2,68	2,78
Acide carbonique.. } en litres.	1,70	1,60	0,77	0,18	0,80	1,77

EAUX DE SOURCES, DANS 100 LITRES (1).

	MOUILLÈRE.	BILLECUL.	ARCHE.	BRÉGILLE.	BUZON.	ARCUEIL.	EAU de puits.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Silice	2,50	2,46	5,90	3,48	1,52	3,06	3,31
Alumine	0,43	0,43	0,90	0,65	0,10	0,331	0,39
Carbonate de soude	»	»	0,69	»	0,21	»	»
Carbonate de chaux	25,75	25,61	21,39	20,79	23,00	19,90	23,51
Carbonate de magnésie	»	0,46	0,78	0,43	0,38	0,82	0,76
Chlorure de sodium	»	»	0,20	»	0,32	3,76	»
Chlorure de calcium	0,07	0,71	»	0,11	»	»	1,99
Chlorure de magnesium	0,20	0,40	»	0,27	»	1,66	6,15
Sulfate de soude	»	»	0,45	»	0,27	0,54	»
Sulfate de potasse	»	»	»	»	»	2,01	»
Sulfate de chaux	0,51	1,00	»	0,74	»	16,38	26,60
Nitrate de soude	1,18	1,56	»	0,48	»	»	12,29
Nitrate de potasse	0,23	0,44	traces.	0,23	0,27	»	3,35
Nitrate de chaux	»	»	»	0,81	»	»	3,81
Nitrate de magnésie	»	»	»	»	»	3,70	»
	gr. 30,85	gr. 33,07	gr. 28,31	gr. 27,99	gr. 26,07	gr. 54,36	gr. 86,16
	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.
Air atmosphérique } en litres.	2,19	1,43	2,10	2,16	2,40	1,78	2,44
Acide carbonique } en litres.	3,89	2,75	2,10	2,24	2,39	2,35	3,32

(1) Avec phosphate.

TABLEAU.

EAUX DU RHÔNE ET DE SES AFFLUENTS.

DÉSIGNATION.	CARBONATE de chaux.	CARBONATE de magnésie.	DANS 100 LITRES D'EAU					CHLORURE de sodium (sel marin).	NITRATES.	MATIÈRES organiques.	POIDS TOTAL des matières.	AUTEURS des ANALYSES.
			SILICE.	SULFATE de chaux.	SULFATE de magnésie.	CHLORURE de calcium.	CHLORURE de magnésium.					
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	
Source de Roye (Lyon)...	23,8	»	traces	1,4	»	»	»	1,2	traces	traces	26,4	Boussingault.
Eau de source à Lyon....	23,4	»	traces	1,7	»	1,3	traces	0,2	»	traces	26,6	Dupasquier.
Rhône (Lyon) en juillet...	10,0	»	traces	0,6	traces	traces	traces	traces	»	traces	10,6	Boussingault.
Rhône (Lyon) en février..	15,0	»	»	2,0	0,7	0,7	traces	traces	»	traces	18,4	Dupasquier.
Source du Jardin des Plantes (Lyon).....	27,0	»	»	25,2	»	16,8	1,6	12,6	7,6	traces	90,8	Dupasquier.
Du lac Leman.....	7,2	0,7	0,1	2,6	3,1	»	0,9	»	»	0,6	15,2	Tingry.
De l'Arve (août).....	5,2	0,4	0,1	3,2	2,9	»	0,7	»	»	0,3	12,8	Tingry.
De l'Arve (février).....	8,3	1,2	0,2	6,5	6,2	»	1.5	»	»	0,4	24,3	Tingry.

M. T. Graham a constaté la présence des phosphates de chaux et de fer dans l'eau d'un puits artésien foré à Londres. J'ai trouvé les mêmes sels dans l'eau d'une pompe établie dans le terrain tertiaire de l'Alsace.

	DANS 100 LITRES D'EAU DE PUITS DE :	
	LONDRES.	ALSACE.
	grammes.	grammes.
Carbonate de soude.....	13,60	»
Sulfate de soude.....	28,18	20,20
Sulfate de magnésie.....	»	11,80
Chlorure de sodium.....	14,85	6,90
Carbonate de chaux.....	7,19	35,30
Carbonate de magnésie.....	1,25	3,70
Phosphates de chaux et de fer..	0,53	traces.
Silice.....	0,46	2,00
	66,06	79,90

Dans l'eau du puits d'Alsace, il y avait de fortes traces d'une matière organique d'un jaune orange.

L'eau du puits artésien de l'abattoir de Grenelle, à Paris, contient, d'après une analyse de M. Payen, sur 100 litres :

	grammes.
Carbonate de chaux.....	6,80
Carbonate de magnésie....	1,42
Bicarbonate de potasse....	2,96
Sulfate de potasse.....	1,20
Chlorure de potassium....	1,09
Silice.....	0,57
Matière jaune non définie.	0,02
Matière organique azotée..	0,24
	14,30

COMPOSITION DES EAUX DU DÉPARTEMENT DE LA LOIRE-INFÉRIEURE, D'APRÈS MM. MORIDE ET BOBIERRE. 100 LITRES.

NOMS DES COURS D'EAU.	RÉSIDU SALIN et RÉSIDU organique.	COMPOSITION DU RÉSIDU SALIN ET DU RÉSIDU ORGANIQUE.							
		SILICE.	ALUMINE et Oxyde de fer.	SOUDE.	CHAUX.	MAGNÉSIE	CHLORE.	ACIDE sulfurique.	ACIDE carbonique.
	grammes		grammes.						
La Loire, à Nantes, près du château.....	11,70	0,65	0,53	1,38	4,07	1,11	0,87	0,46	2,63
L'Erdre, au déversoir de Nantes.....	14,20	0,28	0,43	3,25	2,42	1,70	3,37	0,92	1,83
La Sèvre, à la Morinière.....	6,33	0,82	0,32	2,05	0,63	0,69	1,00	0,25	0,57
La Vilaine, à Redon.....	10,00	0,45	0,45	3,10	1,40	1,47	2,12	0,75	0,26
Le Brivé, à Pont-Château.....	19,33	0,35	0,96	7,87	4,90	0,86	3,05	0,76	0,58
La Moine, à Clisson.....	15,90	1,32	0,96	5,35	2,07	1,18	3,13	0,73	1,16
La Maine, à Château-Thébaud.....	11,60	0,36	0,62	3,60	1,51	1,50	1,89	0,34	1,78
Le Cens, au pont du Cens, près Nantes.....	13,00	4,01	1,61	2,82	1,48	0,16	2,18	0,52	0,22
La Chésine, à Nantes.....	11,30	0,97	0,59	3,36	0,69	1,34	2,70	0,81	0,84
Lac de Grandlieu, près de Bouaye.....	7,76	0,70	0,70	2,09	1,01	0,38	1,61	»	1,27

Le puits artésien de Grenelle débite, en moyenne, chaque jour 1,100 mètres cubes. D'après l'analyse, on voit que cette masse d'eau amène, à la surface du sol, des quantités considérables de substances minérales qui pourraient être absorbées par les plantes si on la faisait servir à l'irrigation. On trouve, en effet, qu'il sort annuellement avec cette eau :

Carbonate de chaux...	27375 kil.
Carbonate de magnésie.	5840
Carbonate de potasse...	12045
Sulfate de potasse.....	4745
Chlorure de potassium.	4380
Silice.....	2190
Matières organiques...	3285
	59860

Pour se former une idée de la forte proportion de substances salines apportées au fumier par l'eau potable consommée dans une exploitation rurale, nous admettrons qu'une tête de bétail en boit 30 litres en 24 heures. L'eau bue par 100 têtes s'éleverait en une année à plus d'un million de kilogrammes (1,095,000), qui contiendraient :

	EAU DE PUITS.	
	D'ALSACE	DE LONDRES.
	kilogrammes.	kilogrammes.
Carbonate de chaux.....	387	78,7
Carbonate de magnésie.....	41	13,7
Sulfate de magnésie.....	129	»
Carbonate de soude.....	»	148,9
Sulfate de soude.....	221	308,6
Sel marin.....	76	162,6
Silice.....	22	5,0
Phosphates.....	indéterminés.	5,8
	876	723,3

On voit qu'en abreuvant 100 têtes de bétail, avec certaines eaux potables, il peut arriver, au fumier, chaque année, 7 à 800 kil. de matières minérales, éminemment utiles à la végétation, puisqu'il s'y trouve du phosphore, du soufre, du chlore, de la silice et des alcalis.

Les particules terreuses charriées par les fleuves agissent, dans plusieurs circonstances, comme de puissants engrais. L'eau en dépose quelquefois de très-fortes proportions. Dans un remarquable mémoire sur le barrage du Rhône, M. Surrell a déterminé par de nombreuses expériences, faites à diverses époques de l'année, le poids du limon contenu dans l'eau puisée à Beaucaire.

	HAUTEUR moyenne DU RHÔNE.	NOMBRE de JOURS.	LIMON DANS UN MÈTRE CUBE	
			TOTAL par mois.	MAXIMUM par mois.
	mètres.		grammes.	grammes.
Avril (1847)..	3,52	30	8619	854
Mai.....	2,41	31	14609	1383
Juin.....	1,44	30	5884	508
Juillet.....	1,16	31	21045	9712
Août.....	1,35	31	26222	4195
Septembre...	0,95	30	1635	150
		183	78014	

La quantité totale du limon s'est élevée, durant 183 jours, à 78 kil. Dans le cours de ces recherches, on a trouvé que le limon pris à la surface était à celui pris au fond du fleuve dans le rapport de 23 : 29. En dernier résultat, la quantité moyenne de matières en suspension dans un mètre cube a été de 482 grammes. La pesanteur spécifique du limon étant 1,45, son volume a été $\frac{1}{3030}$ du volume de l'eau.

On a recueilli la plus forte proportion de limon le 17 mai 1846; un mètre cube d'eau en contenait 17 kil. 58 à la surface, et 21 kil. 78 à une profondeur de 3 mètres. Ce jour-là, le Rhône marquait 4 mètres 7 à l'écluse de Beaucaire.

Selon M. Surrell, la surface du bassin du Rhône est de 927 myriamètres carrés. Le débit annuel du fleuve, de 54,236 millions de mètres cubes, soit 1,718 mètres cubes par seconde, charriant 21 millions de

mètres cubes de limon dans une année. La quantité de limon varie d'ailleurs considérablement sur les divers points du fleuve. A la sortie du lac de Genève elle est presque nulle, tandis qu'à Lyon, d'après les travaux de la Commission hydrométrique, le mètre cube d'eau en renfermerait 96 grammes.

C'est ce qui résulte des observations de M. Fournet :

	RHONE en 1843. LIMON dans 1 mèt. cube	RHONE en 1844. LIMON dans 1 mèt. cube	SAONE en 1844. LIMON dans 1 mèt. cube		RHONE en 1843. LIMON dans 1 mèt. cube	RHONE en 1844. LIMON dans 1 mèt. cube	SAONE en 1844. LIMON dans 1 mèt. cube
	gr.	gr.	gr.		gr.	gr.	gr.
Janvier.	»	46,8	80,1	Juillet..	129,0	283,1	40,5
Février.	»	287,6	184,1	Août...	127.7	232,6	64,3
Mars...	41,3	137,3	168,9	Septemb	42.7	120.8	81,9
Avril...	60.6	82,1	31,4	Octobre.	136,1	219,3	175,9
Mai....	122.3	49,2	22,7	Novemb.	54.7	138,1	146,1
Juin...	107,3	172,7	19,4	Decemb.	10,9	50,7	131,5
				Moyeon.	83,3	151,7	95,6

Les nombres suivants correspondent à deux crues du Rhône; les premiers sont dus à M. Dupasquier, les seconds à M. Lortet. La crue de 1839 a eu lieu dans le mois de mars; celle de 1840 occasionna une grande inondation.

	MARS 1839. LIMON dans 1 mètre cube.		OCTOB. 1840. LIMON dans 1 mètre cube.
	grammes.		grammes.
Crue dans sa 1re période.	630	10 octobre.	550
Crue à son maximum...	980	20 octobre.	560
Période décroissante....	350	30 octobre.	1250

CHAPITRE XII.

DES ASSOLEMENTS.

Matières organiques et inorganiques des engrais et des cultures. — Développement successif de la matière végétale. — Résidus des récoltes. — Matières minérales enlevées au sol.

§ 1. — De la matière organique des engrais et des récoltes.

On sait que l'atmosphère concourt avec les matières organisées répandues dans la terre à l'entretien de la vie des plantes, mais on ignore encore le rapport suivant lequel chacune de ces deux sources contribue à l'accroissement d'un végétal. Ce rapport permettrait cependant d'approfondir les deux questions vitales de la science agricole : la théorie de l'épuisement du sol par la culture, et l'étude des assolements.

Si dans un terrain on fait une suite de récoltes sans renouveler les engrais, on remarque que les produits récoltés diminuent graduellement ; et, à une certaine époque, si c'est une céréale que l'on cultive, le produit, qui dans le principe était de huit à neuf fois la semence, se réduira à trois et même à deux. Ainsi les récoltes diminuent la fertilité du sol, elles l'épuisent.

Depuis longtemps on a reconnu que les diverses espèces de plantes exercent une action épuisante très-

différente. On admet même que, loin d'épuiser le sol, certaines espèces, comme le trèfle, la luzerne, etc., lui communiquent au contraire une nouvelle vigueur. On peut cependant poser en principe que tout végétal, sans exception aucune, appauvrit la terre dans laquelle il croît. Cet appauvrissement est toujours manifeste lorsque la plante, après sa maturité, est enlevée en totalité; mais l'épuisement est d'autant moins sensible que la récolte laisse dans le sol une plus grande quantité de débris. Ainsi, pour citer un exemple, le trèfle, après avoir donné deux coupes de fourrage, pourrait encore en fournir une troisième; c'est cette dernière pousse que l'on enterre ordinairement comme engrais, et avec elle se trouve enfouie une masse considérable de feuilles et de racines. L'amélioration que l'on procure au sol, par la culture du trèfle, rentre donc tout à fait dans ce que les agriculteurs désignent sous le nom de fumure par *enfouissage* en vert; méthode très-anciennement pratiquée dans le midi de l'Europe, et qui présente un avantage décidé là où, en raison de l'abondance des terres à pâturages, on n'a pas un grand intérêt à transformer en chair les produits de la culture arable. L'amélioration du sol par le trèfle rentre tellement dans cette méthode, qu'il n'y aurait plus qu'épuisement si la dernière pousse était récoltée, et si l'on enlevait encore les racines. On voit donc que, par la culture du trèfle, on améliore le sol, en lui sacrifiant comme engrais une forte quantité de matière nutritive.

Digitized by Google

Thaer, en faisant toujours marcher de front la pratique et la théorie de l'art agricole, était, mieux que personne, à même de comprendre toute la portée de la question de l'épuisement du sol ; aussi chercha-t-il à la résoudre pour les cultures principales. Je n'ai pas à exposer ici la méthode qu'il a adoptée, puisqu'elle est tracée dans son admirable ouvrage. J'observerai seulement que cette méthode se fonde sur un principe très-contestable, savoir : que l'épuisement occasionné par la culture est proportionnel à la quantité de substance nutritive contenue dans les récoltes. Thaer admet, pour la valeur nutritive des plantes qu'il considère, celle déterminée par Einhof à l'aide de procédés fort imparfaits ; mais cette détermination, fût-elle exacte, ne fournirait encore qu'une base erronée.

En effet, en adoptant le principe posé par cet illustre agriculteur, on reconnaît tacitement que toute la matière organique des plantes est originaire du sol. Le sol, sans doute, contribue dans une certaine proportion au développement des végétaux ; mais nous avons vu aussi que l'air et l'eau y prennent une part considérable. D'un autre côté, et en opposition aux idées de l'école de Thaer, les physiologistes ont peut-être exagéré ce que les plantes soutirent à l'air atmosphérique. Ainsi, de Saussure estime que, pendant sa croissance, un tournesol ne prend au terrain qu'environ la vingtième partie de son poids, la plante supposée sèche. Le raisonnement qui a conduit ce célèbre physiologiste à cette conclu-

sion, repose, d'un côté, sur la connaissance de la matière extractive du terreau, et de l'autre, sur la quantité d'eau que le tournesol absorbe dans un temps donné pour la déverser ensuite dans l'air par la transpiration (1). Mais, une observation de de Saussure lui-même, dans laquelle il a vu que des végétaux peuvent parvenir à maturité dans un terreau privé de son principe soluble par de nombreux lavages, tend à prouver que les racines exercent réellement une action absorbante sur la matière organique solide (2). Au reste, il est vraisemblable que de part et d'autre on s'est formé des opinions extrêmes. Les plantes soutirent probablement de l'atmosphère beaucoup plus que ne le supposent généralement les agriculteurs, et le sol fournit certainement à la végétation, indépendamment des substances salines et terreuses, une proportion de matière organique supérieure à ce qu'on pourrait imaginer d'après les supputations des physiologistes. Il est même à peu près certain, d'après les observations que j'ai recueillies sur l'emploi du *guano*, pendant mon séjour sur la côte du Pérou, que la majeure partie des principes azotés des plantes a pour origine les sels ammoniacaux qui existent ou se forment dans les engrais (3).

Quand on arrive à discuter l'avantage que présente telle rotation de culture sur telle autre, on trouve

(1) Saussure, *Recherches chimiques sur la végétation*, p. 268.
(2) Saussure, *Recherches chimiques*, page 171.
(3) *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXV, année 1837.

presque toujours que la discussion roule sur une question d'épuisement. Pour faire comprendre comment la théorie peut aborder cette étude, j'exposerai, aussi brièvement que possible, le but et l'état actuel de l'art des assolements.

Là où l'on peut se procurer en quantité illimitée les engrais et la main-d'œuvre, il n'y a pas nécessité absolue de suivre un système régulier de rotation. Quand on se trouve placé dans des conditions aussi favorables, on se borne à examiner quelle est, sous le rapport commercial, la culture la plus avantageuse que peuvent permettre le climat et la nature du sol. On a même peu à redouter que, par une culture continue, les champs viennent à s'infecter de plantes nuisibles, parce que, avec du travail, on remédie à ce grave inconvénient. On n'a pas à craindre davantage l'appauvrissement du sol, puisqu'on a recours à des achats d'engrais. Tout l'art de l'agriculteur se réduit alors à comparer la valeur probable de la récolte à la dépense en fumier, main-d'œuvre, etc. Une semblable culture peut, à la rigueur, se passer de l'entretien et de la propagation du bétail; aussi doit-on la considérer, moins comme de l'agriculture, que comme une sorte de jardinage.

Mais dans la plupart des exploitations agricoles, et l'on doit nommer ainsi les établissements qui ne sont pas en situation de tirer les engrais du dehors, tout se passe différemment. Ici, on est assujetti à suivre un système; et la quantité de produits qu'il est possible d'exporter chaque année se trouve comprise dans

certaines limites qu'on ne dépasse jamais impunément.

Lorsque, par une culture rationnelle, on est arrivé à posséder des terres fertiles, il faut, pour entretenir cette fertilité, leur rendre périodiquement, après chaque succession de récoltes, des quantités égales d'engrais. En envisageant cette condition sous un point de vue purement chimique, on peut dire que le produit que l'on peut exporter, sans nuire à la fertilité du terrain, est la matière élémentaire organique et minérale contenue dans les récoltes, déduction faite de la même matière qui se trouvait dans les engrais. En effet, cette dernière, sous une forme ou sous une autre, doit retourner dans le sol pour le féconder de nouveau. C'est un capital que l'on confie à la terre, et dont l'intérêt est représenté par le produit marchand de l'exploitation.

Là où les terres sont étendues, les populations éparses, les moyens de communication difficiles, il est moins nécessaire de s'astreindre à une culture régulière. La terre donne toujours assez lorsqu'il s'agit de nourrir de chétives populations. Un champ produira des céréales, et, après la récolte, il sera rendu à la prairie pour une longue suite d'années; c'est là le système pastoral dans toute sa pureté. C'est encore à cet état primitif de l'art agricole qu'il faut rattacher les plantations sur défrichements. Lorsque les arbres abattus ont été brûlés sur place, le sol donne pendant longtemps, et sans qu'il soit nécessaire de l'amender, des récoltes de maïs, de froment, d'une richesse sur-

prenante, aux dépens d'une fécondité acquise par des siècles de repos.

Mais quand l'accroissement de la population eut donné aux terres une plus grande valeur, on demanda au sol une plus grande quantité de produits. Les cultures imparfaites dont j'ai parlé devinrent insuffisantes. On chercha à faire revenir fréquemment sur les mêmes soles les céréales ; en un mot, la culture des grains fut régularisée : l'art fit ses premiers pas dans la voie du perfectionnement. C'est de cette époque que date l'assolement triennal, système très-anciennement adopté dans le nord de l'Europe, consistant en une jachère morte avec plusieurs labours pendant l'été, suivie de deux années de céréales. La jachère reçoit l'engrais nécessaire pour réparer l'épuisement occasionné par les deux récoltes de grains ; aussi faut-il avoir, lorsque l'on adopte cet assolement, une surface suffisante de prairies destinées à fournir le supplément d'engrais.

On a toujours considéré comme un grave inconvénient de l'assolement triennal la condition de laisser inculte le tiers de la surface du sol. Aussi chercha-t-on, à diverses reprises, à supprimer la jachère. On était encouragé dans cette tentative par l'exemple de la culture continuellement productive des jardins (1).

D'un autre côté, on avait depuis longtemps fait la remarque qu'il n'est pas avantageux de cultiver des céréales sans interruption, alors même que la fertilité

(1) Thaer, *Agriculture raisonnée.*

ou une abondance d'engrais permettent cette culture continue, à cause de la difficulté, souvent insurmontable, de détruire les plantes nuisibles. La jachère était reconnue, avec raison, comme le moyen le plus efficace et le plus économique à opposer à leur envahissement. Aussi, dans tous les essais tentés en vue de rendre la terre plus productive, on eut pour but principal d'utiliser l'année de jachère, en introduisant dans la rotation une culture qui permît d'extirper les mauvaises herbes; on nomma récoltes-jachères les produits récoltés sur la sole qui serait restée improductive. Les pois, les fèves, les vesces, furent d'abord les seules plantes substituées à la jachère.

Cependant, on ne tarda pas à s'apercevoir que les récoltes-jachères occasionnaient une très-sensible diminution sur le produit des grains. Pour remédier à cet inconvénient, il fallut avoir recours à un surcroît d'engrais; mais comme la production de l'engrais est toujours limitée dans un établissement, il s'ensuivit, ou qu'il fallut réduire la surface cultivée, ou bien lui affecter une certaine surface de prairies. Néanmoins, ces récoltes produisirent un résultat très-avantageux, en ce qu'elles permirent de tirer du terrain une plus grande quantité de produits dans un temps donné, sans qu'il en résultât d'inconvénients sérieux pour la culture des grains. Aussi l'usage d'utiliser la jachère se propagea de jour en jour, et fut bientôt presque généralement adopté.

L'introduction du trèfle dans la culture ordinaire

vint apporter de grandes modifications au système des récoltes-jachères; on crut même, pendant un instant, être arrivé à un point de perfection tel, qu'on l'envisageait comme la limite de l'art agricole (1). Ce fut lorsqu'on eut reconnu que le trèfle, que l'on cultivait seulement dans quelques enclos, pouvait être semé au printemps dans une céréale et occuper l'année suivante la sole de la jachère de l'assolement triennal. Le trèfle, loin d'épuiser la terre, lui procurait une nouvelle dose de fertilité, et la céréale qui lui succédait donnait une récolte abondante. On conçoit aisément tous les avantages que l'on était en droit d'espérer, en substituant à la jachère improductive la culture d'une plante qui, sans appauvrir le terrain, produisait une quantité considérable de fourrage excellent, et permettait ainsi d'entretenir un plus grand nombre d'animaux. On allait même jusqu'à assurer que cette plante purgeait les champs des herbes nuisibles.

Il ne fallut que quelques années d'expérience pour se convaincre que le trèfle ne présente pas tous les avantages exagérés qu'on lui attribuait. On constata qu'en faisant revenir ce fourrage après trois ans sur la même sole, on s'exposait à le voir manquer. Schubart lui-même, le défenseur le plus zélé et le plus éclairé du trèfle, modifia ses idées en présence des faits, et limita le retour de la prairie artificielle, d'abord à la sixième, puis à la neuvième

(1) Thaer, *Agriculture raisonnée.*

année. Schubart finit également par reconnaître que le trèfle ne détruit pas les herbes qui infectent les céréales; il fut conduit, en conséquence, à cultiver des plantes sarclées sur la sole de jachère.

Les différents essais tentés depuis l'époque mémorable de l'introduction du trèfle dans la grande culture, ont conduit naturellement au système d'assolements alternes généralement adopté aujourd'hui. On est même arrivé à ce résultat, beaucoup plus avantageux que ne l'espérait en dernier lieu le comte de Schubart, que le trèfle peut revenir tous les quatre ou cinq ans sur la même sole.

L'impossibilité de remplacer la jachère de l'assolement triennal par le trèfle, fut présentée comme une nouvelle preuve du principe admis depuis un temps immémorial par les agriculteurs, de cultiver successivement sur la même sole des plantes d'espèces différentes, et de ne ramener les mêmes espèces qu'à des intervalles plus ou moins grands, la terre donnant, dans l'opinion commune, des fruits incomparablement plus beaux, lorsque les mêmes récoltes ne se succèdent pas immédiatement (1).

On a cherché, à diverses époques, à expliquer la cause qui oblige à ne pas cultiver continuellement la même plante sur le même terrain. On se demanda d'abord si les espèces végétales ont besoin d'une nourriture particulière, spéciale; mais on vit bientôt qu'il n'en est pas ainsi, et que les organes tirent les sucs

(1) Thaer, *Agriculture raisonnée.*

nécessaires à chaque plante, des substances qui concourent à la nutrition des végétaux en général. En effet, les plantes les plus opposées par leurs caractères botaniques comme par leurs propriétés, celles qui sont alimentaires comme celles qui sont vénéneuses au plus haut degré, peuvent vivre et prospérer sur la même motte de terre, aux dépens d'un engrais commun. De plus, ces plantes s'enlèvent réciproquement leur nourriture, ce qui n'arriverait certainement pas, si chacune de ces espèces exigeait des éléments de nutrition différents (1).

Une fois qu'on eut admis que les organes des plantes élaborent une nourriture commune des sucs nourriciers dérivant des engrais, on imagina que les végétaux d'organisations diverses ont, en raison de l'extension et du développement plus ou moins considérable de leurs racines, la faculté d'aller chercher, à différentes profondeurs, la matière nutritive contenue dans le sol. On expliquait ainsi comment un végétal, à racines longues et pivotantes, peut, en succédant à une céréale, utiliser l'engrais situé dans les parties inférieures de la couche de terre arable. Il est possible que, dans certaines circonstances, il se passe une action de ce genre ; mais cette explication ne saurait être généralisée.

Une autre explication de la nécessité de l'alternance des récoltes est fondée sur le rôle que l'on fait jouer à l'excrétion des racines, excrétion que l'on

(1) Thaer, *Agriculture raisonnée.*

compare à la matière excrémentitielle des animaux.

L'excrétion des racines, observée d'abord par Brugman sur le *viola arvensis* (1), a été confirmée par des observations plus récentes de M. Macaire. Ce physiologiste obtint la matière exsudée de certaines plantes en tenant leurs racines dans l'eau, et ce qu'il y a de surprenant, c'est qu'il lui a été impossible de reconnaître la même matière dans du sable siliceux, au milieu duquel on avait fait croître certains végétaux (2). Ce dernier fait est entièrement conforme à ce que j'ai reconnu dans une suite de recherches sur la végétation ; je n'ai pu trouver de traces bien perceptibles de matière organique dans du sable qui avait servi de sol, pendant plusieurs mois, à du froment et à du trèfle ; résultats de nature à faire douter encore du fait même de l'excrétion des racines qu'on a constaté en tenant les racines plongées dans l'eau, excrétion due, peut-être, à un état morbide de la plante.

Quoi qu'il en soit, c'est en admettant cette excrétion, que MM. de Humboldt et Plenck ont expliqué la cause des attractions et des répulsions de certaines plantes (3). Plus récemment, de Candolle a reproduit cette idée, en la présentant comme la base d'une théorie des assolements. En supposant, en effet, que l'excrétion des racines représente les excréments des végétaux, on conçoit assez bien que ces excrétions, une fois déposées dans le sol, peuvent être tout aussi

(1) De Candolle, t. I, p. 248.
(2) De Candolle, t. II, p. 1497.
(3) De Candolle, t. III, p. 1474.

nuisibles à la plante qui les a produites que le seraient à un animal ses excréments, si on les lui présentait comme aliments. Par contre, en changeant d'espèces dans la culture, la plante nouvellement admise dans le sol profitera des excrétions de la récolte précédente en les absorbant comme nourriture. Cette ingénieuse hypothèse ne me paraît pas reposer sur des observations assez nettes. Elle pèche par sa base, en ce que le fait de l'excrétion des racines ne semble pas suffisamment établi. D'un autre côté, et en l'admettant même comme parfaitement démontrée, il est bon nombre de faits qui viennent établir que beaucoup de plantes peuvent continuer à végéter dans un sol chargé de leurs matières excrémentitielles. La culture des céréales, par exemple, peut, à la rigueur, se suivre sans interruption : c'est, au reste, ce qui a lieu dans l'assolement triennal. J'ai vu, sur les plateaux des Andes, des terres à blé donnant annuellement, depuis plus de deux siècles, de bonnes récoltes de grains. Le maïs se reproduit continuellement sur le même terrain sans le moindre inconvénient, c'est un fait bien connu dans le midi de l'Europe ; et sur une grande partie de la côte du Pérou, la terre ne produit pas autre chose depuis une époque bien antérieure à la découverte de l'Amérique. La pomme de terre peut aussi revenir toujours sur la même sole. A Santa-Fé, à Quito, les cultures de ce tubercule se suivent souvent sans interruption, et nulle part on n'obtient de produits de meilleure qualité. L'indigo, la canne à sucre, doivent se ranger dans la même catégorie. En

Europe, le topinambour revient constamment à la même place, et tout le monde sait qu'une luzernière se maintient en état de production pendant plusieurs années (1). Il faut bien admettre que, si toutes ces plantes donnent réellement lieu à des excrétions radiculaires, ces excrétions ne sont pas de nature à entraver la marche de la végétation des espèces qui les ont sécrétées.

Mais l'objection capitale que l'on doit faire à l'hypothèse de de Candolle, c'est qu'il est très-étonnant qu'une matière organique soluble, comme l'est celle des excrétions, ne se putréfie pas lorsqu'elle est déposée dans un sol humide; il est, en un mot, fort difficile de supposer qu'une semblable matière puisse résister, comme on le prétend, pendant plusieurs années, à la décomposition que subissent toutes les substances organiques, soumises à l'influence réunie de la chaleur et de l'humidité.

Que la nécessité d'alterner les cultures ne soit pas aussi absolue que beaucoup d'observateurs le prétendent, lorsque surtout on a de l'engrais et de la main-

(1) A cette liste, je puis ajouter, d'après les recherches récentes de M. Braconnot, le laurier-rose à fleurs doubles et le *papaver somniferum*. Ce célèbre chimiste termine son Mémoire par les réflexions suivantes : « Les expériences que je viens de présenter ne sont pas favorables, comme on le voit, à la théorie des assolements, fondée sur les excrétions des racines. Ces excrétions, si réellement elles ont lieu à l'état normal, sont d'ailleurs si obscures et si mal connues, qu'il y a lieu de présumer que c'est à d'autres causes qu'il faut avoir recours pour parvenir à expliquer le système général des rotations.» (Recherches sur l'influence des plantes sur le sol, *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXXII, p. 27.)

d'œuvre à sa disposition, c'est ce qu'on admettra volontiers. Cependant, il est hors de doute qu'il est certaines plantes qui ne peuvent se reproduire avantageusement sur le même terrain qu'à des époques plus ou moins éloignées. La cause de cette exigence de la part de certaines espèces végétales est encore enveloppée d'une profonde obscurité, et les théories proposées pour l'expliquer sont tout au moins incomplètes.

Un des avantages marqués de la culture alterne, c'est de cultiver périodiquement des plantes améliorantes. C'est en faisant alterner, autant que possible, ces plantes avec les cultures qui épuisent le sol, que le cultivateur répare, en partie du moins, les pertes éprouvées par le terrain. Ce qu'il convient de chercher dans un assolement, c'est un système capable de produire le plus de matière végétale avec le moins d'engrais et dans le plus court espace de temps possible. Or, on ne peut réaliser un tel système qu'en cultivant, dans le cours de la rotation, des plantes qui puisent considérablement dans l'atmosphère.

En théorie, l'assolement le plus avantageux est celui dont la quantité de matière organique produite dans le cours de la rotation excède le plus la quantité de matière organique introduite dans le sol à l'état d'engrais. Ce qui revient à dire que le meilleur assolement est celui qui prélève le plus sur l'air. C'est du moins ce que l'analyse formule ; mais dans la pratique il n'en est pas absolument ainsi. C'est moins la quantité de matière organique produite en sus de celle

contenue dans les engrais, que la valeur de cette même matière, qui intéresse la spéculation agricole. La matière organique en excès qu'il importe de développer, comme la forme sous laquelle elle doit se produire, dépend nécessairement des localités, des exigences du commerce et des habitudes des populations : considérations qui toutes demeurent en dehors des prévisions théoriques. Mais un point sur lequel la théorie ne saurait transiger avec la pratique, est celui par lequel elle établit que, dans aucun cas, il n'est possible d'exporter plus de matière organique et minérale, et particulièrement plus de matière organique azotée, que l'excès en sus des mêmes matières contenues dans les engrais consommés dans le cours de l'assolement. En agissant autrement, on diminuerait infailliblement la fertilité normale du sol.

Cette condition, posée comme limite infranchissable de l'exportation d'un établissement rural, autorise à critiquer les idées qui surgissent presque toujours lorsqu'il s'agit de méthodes nouvelles à introduire dans la pratique. La fabrication du sucre de betteraves en offre un exemple. L'agriculture européenne retirera probablement certains avantages de cette nouvelle industrie; mais on exagère souvent ces avantages, en établissant, comme ne craignent pas de le faire quelques personnes, que chaque exploitation agricole pourra retirer le sucre des betteraves cultivées actuellement dans les rotations adoptées, sans nuire au rendement du domaine; de sorte que

le sucre, déduction faite des frais d'extraction, sera une nouvelle rente qui viendra s'ajouter à la rente ordinaire. Là me paraît être l'erreur.

Si dans un domaine on récolte annuellement cent mille kilogrammes de betteraves pour l'entretien du bétail, on se trouvera dans la nécessité de diminuer le nombre des animaux, si les racines sont destinées à la fabrication du sucre. La matière organique du sucre extrait de la betterave est autant de nourriture enlevée au bétail. Soutenir le contraire, serait soutenir également que les pommes de terre récoltées sur un hectare de terrain, et qui passent par l'alambic avant d'être fourragées, peuvent nourrir autant d'animaux que lorsqu'elles sont consommées directement. C'est aussi ce qu'ont soutenu plusieurs cultivateurs; mais aujourd'hui le contraire n'est contesté par personne. Les principes organiques de la pomme de terre, transformés en alcool, sont évidemment perdus pour la nutrition.

Ceci ne veut pas dire que la fabrication du sucre indigène, la distillation des tubercules, soient des opérations moins avantageuses que la propagation et l'engrais du bétail. Cette discussion est uniquement pour rappeler qu'il n'y a qu'une quantité limitée de matière qu'on puisse avantageusement exporter d'un établissement agricole. C'est à la localité, à la position commerciale à décider si cette matière doit s'exporter à l'état de sucre, de céréales, d'alcool, ou de viande.

Ce que je viens de dire paraît être en contradiction

manifeste avec les idées généralement reçues. On pense en effet que l'industrie sucrière, loin de lui nuire, favorise au contraire la propagation du bétail. Il résulte même de l'enquête parlementaire ouverte à ce sujet, en 1836, que dans certains domaines où l'on a introduit l'extraction du sucre, on a vu augmenter le nombre des animaux : les chiffres rapportés dans les réponses provoquées par l'enquête sont, je n'en doute pas, exacts, mais il convient de remarquer que cette augmentation du bétail est due bien plus à un perfectionnement dans la culture qu'à la fabrication du sucre proprement dite. Dans des établissements où l'on suivait encore l'assolement triennal avec jachère, on a introduit un assolement de quatre ou cinq ans, avec trèfle et récolte sarclée ; il n'est pas surprenant qu'on ait obtenu, indépendamment de la betterave, une augmentation considérable dans les produits. L'introduction d'une sole de cette racine, là où elle n'était pas admise, est déjà une importante amélioration. Mais dans les pays qui sont au niveau des progrès agricoles, là où les assolements les plus productifs sont suivis depuis longtemps, l'extraction du sucre ne saurait apporter les changements, si extraordinairement avantageux, signalés dans l'enquête. Si à Bechelbronn on trouvait un jour, et ce jour paraît fort éloigné, qu'il fût convenable d'extraire le sucre des betteraves que l'on y récolte, il faudrait certainement diminuer le nombre du bétail, ou bien annexer à l'exploitation de nouvelles prairies. Ainsi, dans mon opinion, c'est indirectement, et en répan-

dant les bonnes méthodes de culture, que la fabrication du sucre indigène favorise la propagation du bétail ; et il faut convenir que ce n'est pas le moindre des services que cette belle industrie est appelée à rendre à l'agriculture.

Dans la définition que j'ai donnée du cours de récolte le plus avantageux, considéré sous le rapport théorique, on a pu comprendre comment l'étude des assolements est liée à la question de l'épuisement du sol. Pour discuter la valeur respective de divers assolements, il faut, d'après la théorie, comparer la quantité de matière organique contenue dans une suite de récoltes à celle de l'engrais consommé pour les obtenir.

Dans un domaine bien dirigé, et dans lequel on suit depuis de longues années un système invariable de culture, on est à même, sans aucun doute, de recueillir des données suffisamment exactes pour jeter du jour sur cette discussion, et décider quelle est, pour un cas particulier de climat et de terrain, la rotation qui produit la plus forte proportion de matière organique en sus de celle qui est contenue dans les engrais employés.

C'est ce que j'ai fait pour le domaine de Bechelbronn, en déterminant par l'analyse la composition des engrais et des récoltes. J'avoue qu'avant de me livrer à ces recherches, j'ai été arrêté un instant par le travail matériel assez rebutant que j'avais à exécuter ; mais je n'ai pas hésité, lorsque j'ai compris qu'indépendamment de la question importante que

j'avais en vue, mes analyses présenteraient encore la composition élémentaire des aliments végétaux les plus usités.

Depuis fort longtemps on a adopté à Bechelbronn l'assolement de cinq ans. La rotation est la suivante :

1re année. Pommes de terre ou betteraves fumées.
2e — Froment semé en automne de la première année; trèfle intercalé au printemps.
3e — Trèfle, deux coupes; enfouissage de la dernière coupe.
4e — Froment sur trèfle rompu; récolte dérobée de navets.
5e — Avoine.

La récolte d'avoine terminant la rotation est généralement assez faible (1). Le sol est alors revenu à peu près au point de fécondité où il se trouvait avant la fumure, et on sait par expérience qu'il n'y aurait plus possibilité d'en tirer une récolte avantageuse.

Je procéderai maintenant à l'analyse des différentes substances qui entrent dans la rotation, en indiquant en même temps le produit moyen par hectare.

Pommes de terre.

Dans les terres un peu fortes de Bechelbronn, un hectare produit en moyenne 12,800 kil. de tubercules, semences déduites (2). Ce résultat est inférieur à ce qui est généralement donné pour l'Alsace, où l'on

(1) Depuis quelques années on donne à cette dernière sole d'avoine un supplément de fumier.

(2) Dans ce qui suivra, les produits des récoltes seront toujours donnés après déduction des semences, et telles qu'ils étaient à l'époque déjà éloignée où ce travail a été fait.

porte, comme nous l'avons vu, la récolte de 19 à 20,000 kilogrammes. Les fanes de pommes de terre sont laissées sur le terrain.

Une pomme de terre a été coupée en deux, afin de soumettre à l'analyse une partie proportionnelle de la pelure qui recouvre ce tubercule. Cette moitié pesait 21gr,710. Desséchée à l'étuve de manière à pouvoir se réduire en farine, elle a pesé 18gr,745. Par une dessiccation absolue faite dans le vide sec à la température de 110°, on trouva que 1 de tubercule devient sec 0,241 ; 1gr,0 de tubercule a laissé cendres 0,039.

Le résultat moyen pour l'azote est 1,2. En 1836, j'ai trouvé azote 1,8. Cette différence assez considérable provient peut-être de ce que les analyses que je viens de rapporter n'ont pas été faites immédiatement après la récolte. Il se peut aussi qu'elle soit due en partie aux influences météorologiques. Pour me convaincre qu'elle ne provenait pas d'une erreur d'analyse, j'ai examiné de nouveau la pomme de terre de 1836, conservée à l'état de farine : elle a donné 1,8 d'azote. J'admettrai donc dans la pomme de terre desséchée 1,5 d'azote.

	I.	II.
Carbone.....	43,72	43,40
Hydrogène...	6,00	5,60
Oxygène.....	44,88	45,60
Azote.....	1,50	1,50
Cendres.....	3,90	3,90
	100,00	100,00

Froment.

J'ai analysé le grain récolté en 1837.

1 de froment, desséché à 110° dans le vide sec, s'est réduit à 0,855 ; 1 de froment sec a laissé cendres 0,0243.

Composition.	
Carbone.....	46,10
Hydrogène...	5,80
Oxygène.....	43,40
Azote	2,29
Cendres.....	2,43
	100,00

Le produit moyen en froment, à Bechelbronn, varie de 18 à 19 hectolitres par hectare ; cette variation dépend de la plante sarclée qui ouvre la rotation. Après les pommes de terre, on récolte en moyenne 17 hectolitres ; après les betteraves, 15 hectolitres ; sur trèfle rompu, 21 hectolitres. L'hectolitre pèse 79 kilogrammes.

Paille de froment.

J'admets que le rapport du produit en grain au produit en paille fraîche est : : 44 : 100.

1 de paille nouvelle, en se desséchant complétement dans le vide 111°, devient 0,740 ; 1 de paille sèche a laissé cendres 0,0697.

Composition.	I.	II.
Carbone.....	48,48	48,38
Hydrogène...	5,41	5,21
Oxygène.....	38,79	39,09
Azote	0,35	0,35
Cendres.....	6,97	6,97
	100,00	100,00

Une paille de céréale n'a pas la même constitution sur toute sa longueur. Les parties les plus rapprochées de l'épi sont bien plus riches en azote que celles placées près des racines. On a soumis à l'analyse de la paille hachée menue, provenant d'une botte qu'on avait fait passer d'abord par le hache-paille.

Trèfle rouge.

Le trèfle se plaît dans les sols argileux; il réussit généralement dans les bonnes terres à froment; dans les terrains légers et sablonneux, il se déchausse et gèle fréquemment; pour faciliter son développement, on lui donne ordinairement la protection d'une autre plante, qui lui sert d'abri pendant sa première pousse. C'est pour cette raison qu'on intercale le trèfle au printemps dans la céréale semée précédemment en automne. On répand communément 12 à 15 kilog. de semence par hectare. On commence à couper le trèfle de deuxième année lorsqu'il entre en fleur; quand on est décidé à le faner, on peut choisir une époque déterminée pour le faucher; mais, dans le cas le plus fréquent, où ce fourrage est consommé en vert, la fauchaison commence bien avant la floraison de la plante : c'est une nécessité qui naît surtout de la difficulté que présente le fanage. En effet, pendant la dessiccation du trèfle, on est exposé à perdre une partie des feuilles et de la fleur; en outre, cette dessiccation exige toujours un temps assez considérable, et par cette raison on court la chance de voir le produit avarié par l'arrivée de la pluie; le

fanage devient alors à peu près impraticable. Schwertz a proposé de sécher le trèfle sur des espèces de bâtons de perroquets implantés dans le sol. Ces supports ont environ 2^{m},50 de hauteur, et peuvent être chargés de 100 kilog. de fourrage vert, coupé depuis vingt-quatre heures et déjà flétri. Cette méthode, que j'ai vu pratiquer dans le grand-duché de Bade, m'a paru bonne; mais je l'ai trouvée trop dispendieuse par la main-d'œuvre qu'elle exige et par la dépense première des perches. Schwertz estime que 100 kilog. de trèfle vert donnent 22 kilog. de trèfle fané. Le rapport du fourrage vert au fourrage sec varie d'ailleurs avec l'âge de la plante et les circonstances météorologiques sous lesquelles elle s'est développée. Voici le résultat de quelques expériences que j'ai faites sur le fanage du trèfle :

17 mai,	1re coupe avant la floraison,	1,000 k.	ont donné fané	212k.
3 juin,	1re coupe, en fleur,	id.	id.....	288
5 juin,	1re coupe, en fleur (autre localité),		id.....	305
28 juill.	2e coupe, en fleur,	id.	id.....	290
août,	2e coupe, en fleur, très-avancé, très-ligneux,		id.	360

Le produit moyen de ce fourrage fané est, à Bechelbronn, de 5,100 kilog. par hectare.

La réussite du trèfle est d'une si grande importance dans une rotation où il entre une sole de ce fourrage, qu'on ne saurait prendre trop de précautions pour l'assurer. Le trèfle manque le plus souvent par deux causes : par l'effet destructif des gelées qui ont lieu lorsqu'il est sorti de terre, ou par une grande sécheresse, qui empêche sa germination. Les cultivateurs

ne sont pas d'accord sur l'époque la plus convenable à laquelle on doit le semer; les uns sèment dans les premiers jours du printemps, les autres beaucoup plus tard. Les deux méthodes peuvent conduire à un bon résultat; tout dépend des circonstances météorologiques. En semant de très-bonne heure, on a plus de chance de rencontrer de l'humidité dans la terre, mais, par contre, les jeunes plants sont plus exposés à souffrir de la gelée. Le mieux est de semer aussitôt que possible, et, si cette semaille ne réussit pas, on en fait une seconde.

Dans les étés très-secs, la seconde coupe de trèfle manque ordinairement. La plante reste petite, rabougrie; les diverses phases de la végétation s'accomplissent cependant, et l'on fait alors une récolte de graine.

En 1846, par un été très-sec, et après avoir eu en première coupe, sur 6 hectares 90 ares, 361 quintaux de trèfle fané, nous avons obtenu, en laissant mûrir la seconde pousse, 7 hect.,66 de graine, soit 1 hect.,11 par hectare.

1 de foin de trèfle, après dessiccation complète, a pesé 0,790; 1 de foin sec a laissé cendres 0,078.

Composition.	I.	II.
Carbone.....	47,53	47,19
Hydrogène...	4,69	5,33
Oxygène.....	37,96	37,66
Azote.....	2,06	2,06
Cendres.....	7,76	7,76
	100,00	100,00

Navets.

On cultive le navet en récolte dérobée, aussi ce produit est-il fort chanceux. On tente la culture sur la sole de froment qui a remplacé le trèfle.

Lorsqu'on cultive le navet en première sole fumée, le produit est considérable; dans quelques localités, il s'élève à 7 à 800 quintaux métriques. En récolte dérobée, nous n'obtenons en moyenne que 180 quintaux métriques par hectare; cette récolte est casuelle : on ne la compte que pour une demi-récolte dans les produits de l'assolement; soit : 9,550 kilog.

La feuille du navet n'est pas considérée comme un bon fourrage, nous la laissons sur le sol; néanmoins, comme elle entre quelquefois dans l'alimentation, il m'a paru utile de connaître le rapport existant entre le poids des feuilles et celui des racines.

De 100 kilog. de navet avec feuilles, j'ai retiré :

Racines.....	66 kilogr.
Feuilles.....	33

Le navet est la plus aqueuse des racines que j'aie encore examinées. Un segment de navet pesant 88 gr.,610, desséché à l'étuve, s'est réduit à 7 gr.,130. Par une dessiccation complète, 1 de navet a pesé 0,075; cette racine contenait par conséquent 92,5 d'eau; 1 de racine desséchée a laissé 0,0758 de cendres.

Composition.	I.	II.
Carbone.....	42,80	42,93
Hydrogène...	5,54	5,61
Oxygène.....	42,40	42,20
Azote	1,68	1,68
Cendres	7,58	7,58
	100,00	100,00

Avoine.

Cette céréale ferme la rotation. Nous récoltons en moyenne 32 hectolitres par hectare, au poids de 42 kilog. 1 d'avoine desséchée complétement pèse 0,792; 1 d'avoine sèche a laissé cendres 0,0398.

Composition.	I.	II.
Carbone.....	50,32	51,09
Hydrogène...	6,32	6,44
Oxygène.....	37,14	36,25
Azote	2,24	2,24
Cendres	3,98	3,98
	100,00	100,00

Paille d'avoine.

La paille d'avoine est évaluée à 1,800 kilog. par hectare. 1 de paille devient, dans le vide sec, 0,713; 1 de paille sèche a laissé 0,0509 de cendres.

Composition.	I.	II.
Carbone.....	49,93	50,25
Hydrogène...	5,32	5,48
Oxygène.....	39,28	38,80
Azote	0,38	0,38
Cendres	5,09	5,09
	100,0	100,00

Betteraves champêtres.

En première sole fumée, le produit moyen, en bet-

teraves, est à Bechelbronn de 263 quintaux métriques par hectare. Les récoltes les plus mauvaises ne descendent pas au-dessous de 125 quintaux, et les meilleures ne dépassent pas 400 quintaux. Ces résultats, comme j'ai eu l'occasion de le faire remarquer, diffèrent sensiblement de ceux qui sont obtenus dans diverses localités. Nous avons vu que Schwertz et Thaer portent cette moyenne à 360 quintaux métriques. Mœlinger, d'après une moyenne de dix ans, adopte 271 quintaux. A Roville, M. de Dombasle donne 175 quintaux comme moyenne de sept années.

Jusqu'à ces derniers temps, les feuilles de betteraves n'étaient pas données au bétail; on les laissait sur le terrain. Un morceau de betterave pesant 56 gr.,240 s'est réduit à 7 gr.,320 après une dessiccation faite à l'étuve. Par une dessiccation complète à 110°, 1 de racine est devenu 0,122; 1 de racine a laissé cendres 0,0624.

Composition.	I.	II.
Carbone.....	42,75	42,93
Hydrogène...	5,77	5,94
Oxygène.....	43,58	43,33
Azote.....	1,66	1,66
Cendres.....	6,24	6,24
	100,00	100,00

Seigle.

Le seigle est rarement introduit dans la rotation suivie à Bechelbronn. On y estime son produit à 23 hectolitres quand il a reçu un supplément d'engrais. L'hectolitre pèse 73 kilog. J'ai adopté, pour le

seigle, le rapport du grain à la paille :: 45 : 100. 1 de seigle desséché à 110° a pesé 0,834; 1 de seigle sec a laissé 0,0237 de cendres.

Composition.	I.	II.	III.
Carbone	46,35	45,72	46,38
Hydrogène ...	5,38	5,70	5,74
Oxygène.....	44,21	44,52	43,82
Azote.....	1,69	1,69	1,69
Cendres.....	2,37	2,37	2,37
	100,00	100,00	100,00

Paille de seigle.

1 de paille desséchée complétement a pesé 0,813; 1 de paille sèche a donné 0,0368 de cendres.

Composition.	
Carbone.....	49,88
Hydrogène ...	5,58
Oxygène	40,56
Azote.....	0,30
Cendres.....	3,68
	100,00

Pois jaunes.

Récoltés sur sole fumée, ils ont produit 14,2 hectolitres par hectare, au poids de 78 kilog. l'hectolitre. 1 de pois a pesé, après complète dessiccation, 0,914; 1 de pois secs a laissé cendres 0,0314.

Composition.	I.	II.
Carbone	46,06	46,94
Hydrogène...	6,09	6,24
Oxygène.....	40,53	39,50
Azote	4,18	4,18
Cendres	3,14	3,14
	100,00	100,00

Paille de pois.

Un hectare cultivé en pois produit environ 2,790 kil. de paille; 1 de paille de pois, après dessiccation, a pesé 0,882. 1 de paille a laissé cendres 0,1132.

Composition.	
Carbone.....	45,80
Hydrogène....	5,00
Oxygène.....	35,57
Azote.....	2,31
Cendres.....	11,32
	100,00

Topinambours.

En Alsace, les topinambours sont toujours cultivés sur la même sole. On fume tous les deux ans. A Bechelbronn, sur un terrain peu profond, on récolte par hectare :

Tubercules.....	26,440 kilog.
Tiges sèches.....	1,410

Un tubercule qui pesait au sortir de terre 55 gr.,450, a pesé 11 gr.,50 après une dessiccation à l'étuve. Par une dessiccation absolue, 1 de tubercule devient 0,208. 1 de topinambour sec a laissé 0,0594 de cendres.

Composition.	I.	II.
Carbone.....	43,02	43,62
Hydrogène...	5,91	5,80
Oxygène.....	43,56	43,07
Azote.....	1,57	1,57
Cendres.....	5,94	5,94
	100,00	100,00

Tiges sèches de topinambours.

Ces tiges avaient passé l'hiver sur place; elles étaient presque entièrement formées de moelle. 1 de tige après dessiccation a pesé 0,871. 1 de tige sèche a laissé cendres 0,0276.

Composition.	
Carbone.....	45,66
Hydrogène ...	5,43
Oxygène	45,72
Azote	0,43
Cendres.....	2,76
	100,00

Je crains que dans cette analyse le carbone et l'azote ne soient dosés trop bas.

J'ai réuni dans deux tableaux les résultats des analyses dont je viens de donner les détails. Dans l'un sont indiquées la quantité de matière sèche et l'humidité contenues dans chacune des substances analysées; dans l'autre se trouve la composition élémentaire. En examinant avec attention les nombres inscrits dans le second tableau, on remarque, entre certaines substances, une grande analogie de composition. Si l'on fait abstraction des cendres, l'analogie est alors complète, et l'on reconnaît que plusieurs substances, ayant d'ailleurs des caractères et des propriétés assez différentes, possèdent néanmoins la même composition.

TABLEAU.

SUBSTANCES.	MATIÈRE SÈCHE.	EAU.
Froment	0,855	0,145
Seigle	0,834	0,166
Avoine	0,792	0,208
Paille de froment	0,740	0,260
Paille de seigle	0,813	0,187
Paille d'avoine	0,713	0,287
Pommes de terre	0,241	0,759
Betteraves	0,122	0,878
Navets	0,075	0,925
Topinambours	0,208	0,792
Pois	0,914	0,086
Paille de pois	0,882	0,118
Foin de trèfle	0,790	0,210
Tiges de topinambours	0,871	0,129

COMPOSITION DES MATIÈRES RÉCOLTÉES, DESSÉCHÉES DANS LE VIDE, A LA TEMPÉRATURE DE 110° CENT.

SUBSTANCES.	CENDRES COMPRISES.					CENDRES DÉDUITES.			
	Carbone.	Hydrogène	Oxygène.	Azote.	Cendres.	Carbone.	Hydrogène.	Oxygène.	Azote.
Froment	46,1	05,8	43,4	02,3	02,4	47,2	06,0	44,4	02,4
Seigle	46,2	05,6	44,2	01,7	02,3	47,3	05,7	45,3	01,7
Avoine	50,7	06,4	36,7	02,2	04,0	52,9	06,6	38,2	02,3
Paille de froment	48,4	05,5	38,9	00,4	07,0	52,1	05,7	41,8	00,4
Paille de Seigle	49,9	05,6	40,6	00,3	03,6	51,8	05,8	42,1	00,3
Paille d'avoine	50,1	05,4	39,0	00,4	05,1	52,8	05,7	41,1	00,4
Pommes de terre	44,0	05,8	44,7	01,5	04,0	45,9	06,1	46,4	01,6
Betteraves champêtres	42,8	05,8	43,4	01,7	06,5	45,7	06,2	46,3	01,8
Navets	42,9	05,5	42,3	01,7	07,6	46,5	06,0	45,9	01,8
Topinambours	43,3	05,8	43,5	01,6	06,0	46,0	06,2	46,1	01,7
Pois jaunes	46,3	06,2	40,0	04,2	03,1	48,0	06,4	41,3	04,3
Paille de pois	43,8	05,0	35,6	02,3	11,5	51,3	05,6	40,3	02,6
Trèfle rouge, foin	47,4	05,0	37,8	02,1	07,7	51,3	05,4	41,1	02,2
Tiges de topinambours	45,7	05,4	45,7	00,4	02,8	47,0	05,6	47,0	00,4

L'engrais employé à Bechelbronn est celui que l'on désigne communément sous le nom de fumier de ferme; engrais formé par les déjections des chevaux, du bétail et par la paille de litière. La fiente de pou-

les, la colombine, les balayures de cour vont aussi au fumier. Les animaux qui concourent à sa production sont, comme je l'ai dit, des chevaux, des bêtes à cornes et des porcs (1).

Le fumier est porté sur les terres lorsqu'il a subi la fermentation en tas; c'est de l'engrais à demi consommé; la paille de litière n'est pas entièrement décomposée; elle est encore molle, filamenteuse; à cet état, le fumier retient une quantité considérable d'humidité, l'eau en découle ordinairement.

Dessiccation des fumiers à demi consommés.

Engrais préparé pendant l'hiver 1837-1838.

117 kil. de fumier pris au moment où on le transportait sur les terres, pesèrent 26 1/2 kilog. lorsqu'il eut été desséché de manière à pouvoir être réduit en poudre. La perte en eau a été de 77,3 pour 100. Ce nombre approche beaucoup de celui donné par plusieurs agriculteurs allemands qui évaluent l'humidité à 75 pour 100. Néanmoins cette perte ne représente pas la totalité de l'eau; car, après une dessiccation à 100°, les 26 1/2 kilog. ont pesé 24,84 kil. Enfin, par une dessiccation faite dans le vide sec à 110°, on a reconnu que 1 de fumier desséché à l'étuve perdait encore 0,039. On trouve ainsi qu'en totalité le fumier a perdu 79,62 pour 100 d'eau : il ren-

(1) Ce qui suit se rapporte au fumier, tel que nous l'avons obtenu jusqu'en 1840.

fermait en conséquence 20,4 de matière sèche (1).

En procédant ainsi sur divers échantillons, on a obtenu les résultats suivants :

	Fumier humide sur lequel on a opéré.	Poids après dessiccation à l'etuve.	Perte éprouvée par 1 de fumier sec par sa 2e dessiccation.	Matière sèche dans 100 de fumier humide.
	kilogr.	kilogr.		
Fumier obtenu dans l'hiver de 1837-1838 I....	117,0	26,5	0,04	20,4
Fumier obtenu dans l'hiver de 1838-1839 II...	100,0	25,5	0,13	22,2
Fumier obtenu dans l'été de 1839 III.....	300,0	69,0	0,15	19,6
En moyenne : mat. sèche.	.....	.....	.....	20,7
Humidité.....	.....	.....	.....	79,3

Composition des fumiers supposés secs.

	Carbone.	Hydrogène.	Oxygène.	Azote.	Sels et terre.
I.	32,4	3,8	25,8	1,7	36,3
I.	32,5	4,1	26,0	1,7	35,7
I.	38,7	4,5	28,7	1,7	26,4
II.	36,4	4,0	19,1	2,4	38,1
II.	40,0	4,3	27,6	2,4	25,7
III.	34,5	4,3	27,7	2,0	31,5
Moyenne.	35,5	4,2	25,8	2,0	32,2

Dans toutes ces analyses, la combustion a été aidée par l'addition du chlorate de potasse; on a toujours

(1) J'ai constaté que l'ammoniaque dissipée pendant la dessiccation était négligeable. Dans deux dessiccations, on n'en a pas obtenu de traces.

ajouté de l'oxyde antimonique. L'acide carbonique des cendres a été déterminé et défalqué.

La mesure de fumier en usage à Bechelbronn est le chariot attelé de quatre chevaux. Par de nombreuses pesées, on a trouvé que cette mesure contient 1818 kilogrammes de matière humide, ou 376 kil. 33, si on suppose l'engrais entièrement sec. La première sole de la rotation reçoit vingt-sept voitures de cet engrais, pesant 49,086 kil., représentant 10,161 kilogrammes d'engrais sec. Les analyses précédentes montrent que cette dose d'engrais, destinée à fertiliser le sol pendant cinq ans, contient :

	kilog.
Carbone.....	3637,6
Hydrogène.....	426,8
Oxygène.....	2621,5
Azote.....	203,2
Sels et terre.....	3271,9
	10161,0

Tels sont les principes que doivent assimiler en partie les végétaux récoltés. Je dis en partie, parce que je suis bien loin de penser que la totalité de ces matières entre nécessairement dans la constitution des plantes obtenues pendant la durée de l'assolement. Nul doute qu'une partie notable d'engrais décomposé spontanément, ou entraîné par les eaux pluviales, ne soit perdue. Il est encore certain qu'une autre partie demeurera longtemps dans le sol dans un état d'inertie, pour n'exercer son action fertilisante qu'à une époque plus ou moins éloignée; de

même qu'il arrive que, dans la rotation actuelle, l'engrais antérieurement introduit agit de concert avec le nouvel amendement. Mais ce qui est bien établi, c'est que la proportion indiquée est indispensable pour atteindre les récoltes moyennes, et qu'en la diminuant, on diminuerait également les produits de l'exploitation. Enfin, il est prouvé qu'après la rotation, les récoltes ont consommé cet engrais, et que la terre ne présenterait plus une culture productive, si on négligeait de la fumer.

Je comparerai maintenant, à l'aide des données que nous possédons, le rapport qui existe, pour divers assolements, entre la quantité de matière enfouie dans le sol comme engrais, et la quantité de la même matière qui se retrouve dans les produits récoltés, en m'occupant d'abord de la matière organique.

Cette comparaison permettra de déterminer, d'une manière approximative, les proportions respectives de matières élémentaires que les diverses sortes de récoltes prennent à l'air et au sol : en procédant ainsi, nous arriverons à reconnaître quels sont les assolements les moins épuisants, c'est-à-dire quelles sont les successions de cultures qui prélèvent sur l'atmosphère la plus forte proportion de substance apte à l'organisation.

Les assolements inscrits dans les tableaux 1 et 2 sont ceux qui ont été définitivement adoptés à Bechelbronn et dans une partie de l'Alsace. Ils ne diffèrent que par la plante sarclée, qui est la pomme de

terre dans l'une, et la betterave dans l'autre ; c'est à peu près la même quantité de matière sèche produite par hectare, à peu près la même quantité de matière organique prélevée sur l'atmosphère.

L'assolement n° 3 a été introduit par Schwertz à Hohenheim ; ce serait une des rotations les plus avantageuses, si les pois et surtout les féveroles ne manquaient pas fréquemment.

Le tableau n° 4 montre l'assolement triennal avec jachère fumée. On voit que, sous le rapport théorique, cette culture n'est pas avantageuse. La matière organique des récoltes n'excède que de très-peu la matière organique des engrais. En supposant même que la totalité de la paille soit transformée en fumier, on doit se trouver, comme on se trouve en effet, dans la nécessité de tirer des engrais du dehors, pour compenser l'épuisement que doit occasionner l'exportation du froment. On aperçoit pourquoi l'assolement triennal exige toujours qu'une fraction très-forte du domaine soit en prairies.

Dans le tableau n° 5, je donne le résultat de la culture continue du topinambour. A Bechelbronn, on la fume tous les deux ans avec vingt-cinq voitures de fumier par hectare, ou 45,450 kilog. En moyenne, on retire dans les deux années 52,880 kilog. de tubercules, et 28,200 kilog. de tiges ligneuses. On remarquera, en examinant les éléments de ce tableau, que la culture du topinambour présente théoriquement des avantages considérables. La matière organique de la récolte excède de

beaucoup la matière organique de l'engrais. Au reste, cette culture, déjà fort répandue en Alsace, y est considérée comme une des plus productives qu'il soit possible d'adopter. Toutefois, dans les résultats théoriques, il faut tenir compte et déduire même la matière organique des tiges qui, dans la pratique, ont peu de valeur.

J'ai rassemblé dans le tableau n° 6 les données relatives à un assolement *quatriennal* adopté par M. Crud, et dans lequel on récolte successivement : 1° pommes de terre ou betteraves, 2° froment, 3° trèfle rouge, 4° froment. La première sole est amendée avec 44,000 kilogr. de fumier de ferme à demi consommé. J'ai appliqué à ce fumier, comme aux produits de la rotation, les compositions que l'analyse a indiquées dans l'engrais et les récoltes de l'Alsace. Le gain en matière organique, obtenu dans cet assolement, est supérieur à celui des rotations précédentes; mais comme les récoltes de trèfle ne sont plus assez assurées quand elles reviennent tous les quatre ans, M. Crud, par des raisons qui ne sont peut-être pas à l'abri de la critique, fait suivre cette rotation par l'établissement d'une luzernière à laquelle il donne dans le principe un supplément d'engrais. Il est incontestable que la luzerne apporte au domaine une masse considérable de fourrage, et, sous ce rapport, la fertilité des terres doit s'améliorer grandement, si cette nourriture est consommée sur place; mais j'avoue que je ne comprends pas bien ce qui s'opposerait à ce qu'on laissât revenir le trèfle,

si la luzerne réussit aussi bien que l'affirme M. Crud. Au reste, après avoir voulu, dans l'assolement triennal, faire revenir le trèfle avec trop de fréquence, on est peut-être tombé dans un excès opposé, en ne le cultivant que tous les cinq ou six ans. Il y a sur ce sujet des expériences importantes à tenter. Il n'est pas impossible que le mauvais succès des soles de trèfle dépende souvent des coupes prématurées que l'on fait la première année, alors que les racines de la plante n'ont point acquis une vigueur suffisante. Depuis quelques années nous renonçons à cette première coupe, et tout semble annoncer que l'existence de la sole durant la seconde année est mieux assurée.

TABLEAU.

ASSOLEMENT N° 1.

ANNÉES.	SUBSTANCES.	RÉCOLTES par HECTARE.	RÉCOLTES SÈCHES.	CARBONE.	HYDROGÈNE.	OXYGÈNE.	AZOTE.	SELS et TERRES.
		kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
1re	Pommes de terre.....	12800	3085	1357,4	178,9	1379,0	46,3	123,4
2e	Froment.....	1343	1148	529,3	66,6	498,2	26,4	27,5
	Paille de froment.....	3058	2258	1093,6	119,7	878,2	9,0	158,1
3e	Trèfle (en foin).....	5100	4029	1909,7	201,5	1523,0	84,6	310,2
4e	Froment.....	1659	1418	653,8	82,2	615,4	32,6	34,0
	Paille de froment.....	3770	2790	1350,4	147,8	1085,3	11,2	195,3
	Navets dérobés.....	9550	716	307,2	39,3	302,9	12,2	54,4
5e	Avoine.....	1344	1064	539,5	68,0	390,5	23,3	42,6
	Paille d'avoine.....	1800	1283	642,8	69,3	500,4	5,1	65,4
	Somme.....	40418	17791	8383,1	973,3	7172,9	250,7	1010,9
	Engrais employé.....	49086	10161	3637,6	426,8	2621,5	203,2	3271,9
	Différence.....	.....	+7630	+ 4745,5	+ 546,5	+4551,4	+ 47,5	—2261,0

ASSOLEMENT N° 2.

ANNÉES.	SUBSTANCES.	RÉCOLTES par HECTARE.	RÉCOLTES SÈCHES.	CARBONE.	HYDROGÈNE.	OXYGÈNE.	AZOTE.	SELS et TERRES.
		kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
1re	Betteraves	26000	3172	1357,6	184,0	1376,7	53,9	199,8
2e	Froment	1185	1013	467,0	58,8	439,6	23,6	24,3
	Paille de froment	2693	1993	964,6	105,6	775,3	8,0	139,5
3e	Trèfle (en foin)	5100	4029	1909,7	201,5	1523,0	84,6	310,2
4e	Froment	1659	1418	653,8	82,2	615,4	32,6	34,0
	Paille de froment	3770	2790	1350,4	147,8	1085,3	11,2	195,3
	Navets dérobés	9550	716	307,2	39,3	302,9	12,2	54,4
5e	Avoine	1344	1064	539,5	68,0	390,5	23,3	42,6
	Paille d'avoine	1800	1283	642,8	69,3	500,4	5,1	65,4
	Somme	53101	17478	8192,6	956,5	7009,0	254,2	1065,5
	Engrais employé	49086	10161	3637,6	426,8	2621,5	203,2	3271,9
	Différence	.....	+7317	+4555,0	+ 529,7	+4387,5	+51,0	—2206,4

ASSOLEMENT N° 3.

ANNÉES.	SUBSTANCES.	RÉCOLTES par HECTARE.	RÉCOLTES SÈCHES.	CARBONE.	HYDROGÈNE.	OXYGÈNE.	AZOTE.	SELS et TERRES.
		kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
1re	Pommes de terre.....	12800	3085	1357,4	178,9	1379.0	46.3	123,4
2e	Froment.....	1343	1148	529,3	66.6	498,2	26,4	27,5
	Paille de froment.....	3052	2258	1093,0	119,7	878,2	9,0	158,1
3e	Trèfle (en foin).....	5100	4029	1909,7	201,5	1523,0	84,6	310,2
4e	Froment.....	1659	1418	653,8	82,2	615,4	32,6	34.0
	Paille de froment.....	3770	2790	1350,4	147,8	1085,3	11,2	195,3
	Navets dérobés.....	9550	716	307,2	39.3	302,9	12,2	54,4
5e	Pois (fumés).....	1092	998	464,1	61,9	399,2	41,9	30.9
	Paille de pois.....	2790	2461	1127,3	123.0	876,1	56,6	278,1
6e	Seigle.....	1679	1394	644.0	78,1	616,1	23,7	32,1
	Paille de seigle.....	3731	3033	1513,5	169,8	1231,4	9,4	109,2
	Somme.....	46566	23330	10949,7	1268,8	9404,8	353,6	1353,2
	Engrais employé.....	161766	12192	4364,2	512,2	3145,5	243,8	3925,8
	Différence.....	— — — .	+11138	+6585,5	+756,6	+6259,3	+109,8	—2572,6

ASSOLEMENT N° 4.

ANNÉES.	SUBSTANCES.	RÉCOLTES par HECTARE.	RÉCOLTES SÈCHES.	CARBONE.	HYDROGÈNE.	OXYGÈNE.	AZOTE.	SELS et TERRES.
		kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
1re	Jachère fumée.....	»	»	»	»	»	»	»
2e et 3e	Froment.....	3318	2836	1037,4	164,5	1230,8	65,2	68,1
	Paille	7500	5550	2686,2	294,2	2159,0	22,2	388,5
	Somme.....	10818	8386	3993,6	458,7	3389,8	87,4	456,6
	Engrais employé.....	20000	4140	1482,1	173,9	1068,1	82,8	1333,1
	Différence.....	.....	+ 4246	+2511,5	+284,8	+2321,7	+ 4,6	— 876,5

N° 5. CULTURE DU TOPINAMBOUR POUR UNE ANNÉE.

SUBSTANCES.	RÉCOLTE par HECTARE.	RÉCOLTE SÈCHE.	CARBONE.	HYDROGÈNE.	OXYGÈNE.	AZOTE.	SELS et TERRES.
	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
Topinambours.....	26440	5500	2381,5	319,0	2381,5	88,0	330,0
Tiges ligneuses.....	14100	12281	5612,4	663,2	5612,4	49,1	343,9
Somme.....	40540	17781	7993,9	982,2	7993,9	137,1	673,9
Engrais pour une année.....	22725	4707	1684,0	197,6	1213,6	94,1	1514,7
Différence.....	.....	+ 13074	+6309,9	+ 784,6	+6780,3	+ 43,0	— 840,8

N° 6. ASSOLEMENT QUATRIENNAL.

ANNÉES.	CULTURES.	RÉCOLTES par HECTARE.	RÉCOLTES SÈCHES.	MATIÈRES ÉLÉMENTAIRES DE LA RÉCOLTE.				
				CARBONE.	HYDROGÈNE.	OXYGÈNE.	AZOTE.	SELS ET TERRES.
		kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
1re	Pommes de terre, demi-hectare.	10000	2410	1060,4	139,8	1077,3	36,1	96,4
	Betteraves, demi-hectare	20000	2440	1044,3	141,5	1059,0	41,5	153.7
2e et 4e	Froment, 46 hectolitres.....	3634	3106	1431,8	180,2	1348.0	71,4	74.6
	Paille de froment.....	8000	5720	2768,6	303,2	2225.0	22,8	400,4
3e	Trèfle, trois coupes.....	8000	6320	2995,7	316,0	2389,0	132,7	486,6
	Somme.....	49634	19996	9300,8	1080,7	8098,3	304,5	1211,7
	Engrais consommé.....	44000	9108	3260,7	382,5	2349,9	182,1	2932,8
	Différence.....	.....	+10888	+6040,1	+ 698,2	+5748,4	+122,4	—1721,1

RÉSUMÉ.

ASSOLEMENTS.	ENGRAIS SEC consommé SUR UN HECTARE en une année.	AZOTE contenu DANS L'ENGRAIS	RÉCOLTE sèche OBTENUE EN UN AN sur un hectare.	AZOTE contenu DANS LA RÉCOLTE.	GAIN en matière organique EN UN AN sur un hectare.	GAIN EN AZOTE en un an SUR UN HECTARE.
	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
N° 1.	2032	40,6	3558	50,1	2178	9,5
N° 2.	2032	40,6	3495	50,8	1905	10,2
N° 3.	2032	40,6	3888	58,9	2742	18,4
N° 4.	1360	25,8	2790	29,1	1707	3,3
N° 5.	4704	94,1	17781	137,1	13077	43,0
N° 6.	2277	45,5	4999	76,1	3152	30,6

Dans ce qui précède, on reconnaît que ce sont précisément les assolements dans lesquels il entre des soles de trèfle qui rendent la plus forte proportion de matière organique. C'est là un fait constaté depuis longtemps dans la pratique. Les luzernes, quand elles sont bien établies, rendent aussi une quantité considérable de fourrage. C'est ce dont on peut se convaincre en examinant le produit de la sole de luzerne qui, dans l'assolement de M. Crud, succède à la rotation *quatriennale*. A la fin de la rotation, M. Crud donne à la terre, toujours sur un hectare, 44,000 kilog. de fumier. On fait ensuite pendant six ans, et aux dépens de cet engrais, les récoltes inscrites dans le tableau ci-joint (1) :

TABLEAU.

(1) Crud, *Économie de l'Agriculture*, t. I, p. 255.

CULTURE.	PRODUIT PAR HECTARE.	CONTENU EN AZOTE (1).
Luzerne sèche, 1re année..	3360 kil.	79 kil.
Id. 2e année..	10080	237
Id. 3e année..	12500	294
Id. 4e année..	10080	237
Id. 5e année..	8000	188
Froment, 6e année.....	1580	31
Paille.....	3976	12
		1078
Fumier employé.....	44000	224 (2)
Gain en azote.....		854
Gain par an et par hectare..		142

En parcourant ces différents tableaux, on reconnaît que constamment l'azote des récoltes excède l'azote des engrais. J'admets d'une manière générale que cet azote en excès provient de l'atmosphère. Quant au mode particulier par lequel ce principe est assimilé aux plantes, je ne saurais le préciser. Je ne puis que reproduire ici les conclusions du Mémoire que j'ai publié en 1837 (3) : « L'a-

(1) Une luzerne fanée à Bechelbronn a donné, pour 100, azote..... 1,7
Une jeune luzerne en fleur a donné à M. Payen, azote. 3,1
Luzerne fanée en fleur, 1841, Bechelbronn, azote.... 2,25
Moyenne, azote... 2,35

(2) J'ai pris la composition du fumier d'écurie à 0,0051 d'azote.

(3) *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXIX, p. 366, année 1837.

« zote peut entrer directement dans l'organisme « des plantes, si leurs parties vertes sont aptes à le « fixer; cet élément peut encore être porté dans les « végétaux par l'eau toujours aérée qui est aspirée « par leurs racines. Enfin, il est possible, comme le « pensent quelques physiciens (1), qu'il existe dans « l'air une infiniment petite quantité de vapeurs « ammoniacales. »

§ 2. Développement successif de la matière végétale.

D'après les notions que nous avons acquises, il semble que les plantes doivent épuiser le sol pendant toute la durée de leur développement. Il y a cependant une opinion assez accréditée chez les cultivateurs ; elle consiste à croire que l'épuisement n'a lieu qu'à l'époque de la formation des semences, c'est-à-dire depuis le moment de la fécondation jusqu'à celui de la maturité. Cette opinion s'appuie sur ce fait généralement admis, qu'une récolte fauchée, lors de la floraison, appauvrit moins la terre que lorsqu'on la laisse mûrir. On sait, il est vrai, que de toutes les parties de l'organisme végétal, les graines renferment, pour un même poids, la plus forte proportion de substances nutritives et de phosphate alcalin ou terreux. Mais, d'un autre côté, il est parfaitement établi que parmi nombre de végétaux regardés comme épuisant au plus haut degré, il en est dont on ne retire jamais de graines : tels sont

(1) Saussure, *Recherches chimiques sur la végétation.*

les choux, le pastel, le tabac. Enfin, il est bien reconnu que dans les pépinières, où l'on prépare les jeunes plants de colza et de betteraves, la fertilité du terrain diminue avec rapidité. Durant les premières phases de sa croissance, la plante accumule, dans son organisme, la matière qu'elle fera concourir plus tard à la perfection de la semence. On voit, par exemple, des plants enlevés du sol après leur fécondation, donner des graines lorsqu'on les entretient hors de terre, mais dans un état convenable d'humidité. Quand un végétal est fécondé, la reproduction de l'espèce est assurée; car, à la rigueur, elle s'accomplit sous les seules influences météorologiques; la matière accumulée se dirige vers le point où le fruit doit se développer; la couleur verte des fruits s'affaiblit graduellement; le sucre, l'amidon abandonnent peu à peu les tiges et les racines. Le trèfle, la betterave, après avoir porté des graines, n'offrent plus qu'un tissu ligneux et insipide.

Par suite de cette élimination des principes succulents des racines, on conçoit qu'une plante mûre ne laissera plus dans la terre qu'une faible partie de ce qu'elle y aurait laissé avant la maturité. C'est évidemment à cette diminution dans la matière destinée à rester dans le sol, qu'il faut attribuer l'épuisement occasionné par les récoltes; mais de ce qu'il y a concentration des sucs de la plante vers un seul organe, s'ensuit-il nécessairement que la terre et l'atmosphère n'interviennent plus, pour ainsi dire, dans le phénomène de la végétation, et que tout le

travail accompli depuis la floraison s'opère uniquement avec les matériaux amassés dans le tissu de la plante? Cela est peu probable. En effet, après la chute des fleurs, les feuilles continuent longtemps encore leurs fonctions aériennes; et l'humidité qu'elles exhalent par la transpiration, prouve que les racines n'ont pas cessé de fonctionner.

Cependant, s'il est vrai qu'une plante, coupée lorsqu'elle est en fleur, contient déjà, à très-peu près, la totalité de la matière organique, c'est-à-dire autant de substance nutritive qu'elle en renfermera deux ou trois mois après, lors de la maturité, on conçoit que, sous le rapport de la production des fourrages, il deviendrait plus avantageux de faner certaines récoltes vertes que d'attendre le grain qu'elles pourraient donner plus tard. Ainsi se trouverait justifiée la méthode recommandée par quelques cultivateurs, de multiplier les semis et les coupes fourragères sur la même sole annuelle, méthode dont le mérite est encore très-douteux aux yeux de bon nombre de praticiens, mais qui, si elle était fondée, aurait l'avantage, toujours si appréciable dans la culture, de produire le plus possible de fourrages dans un intervalle de temps limité. Aussi, laissant de côté la question secondaire de l'épuisement du sol, je me suis particulièrement attaché à vérifier la valeur d'une opinion dont les conséquences seraient aussi importantes, en étudiant, avec le secours de l'analyse, le développement successif du froment pendant sa culture.

Le 19 mai 1844, j'ai choisi, dans un champ de fro-

ment, une place où la végétation me parut bien uniforme ; là, j'ai arraché 450 plants, lesquels, débarrassés de la terre adhérente, par un lavage, et desséchés par une longue exposition à l'air, ont pesé :

	gr.
Tiges et feuilles.....	277,4
Racines.....	46,0
	323,4

Le 9 juin, époque à laquelle le froment entrait en fleur, j'ai pris, à la même place, 450 plants qui, desséchés, ont donné :

	gr.
Épis en fleur.....	110,5
Tiges et feuilles.....	850,0
Racines.....	99,5
	1060,0

Le 15 août, lors de la moisson, 450 plants ont fourni :

	gr.
Grain.....	677,1
Epis et balle.....	154,5
Paille.....	927,5
Racines.....	121,0
	1880,1

Rapportant, pour faciliter la comparaison, l'accroissement constaté au plant moyen, on a

	gr.	
Le 19 mai, plant sans fleur.....	0,62	1,74
Le 9 juin, plant en fleur.....	2,36	1 ,82
Le 15 août, plant chargé de grain....	4,18	

On voit bue, depuis la floraison jusqu'à la moisson,

l'accroissement de la matière sèche a eu lieu dans le rapport de 100 à 177; c'est-à-dire que, dans cet intervalle, le poids de la plante a presque doublé.

L'analyse de ces récoltes successives a été faite en prenant, pour représenter chacune d'elles, des quantités proportionnelles des divers organes.

COMPOSITION DES PLANTS RÉCOLTÉS, POUR 100 PARTIES.

ÉPOQUES AUXQUELLES LES PLANTS ONT ÉTÉ PRIS.	Carbone.	Hydrogène.	Azote.	Oxygène.	Substances minerales.
19 mai, avant la fleur.....	37,3	5,8	1,8	51,4	3,7
9 juin, à la floraison.....	38,3	6,3	0,9	52,1	2,5
15 août, épis en grain	37,2	6,8	0,9	51,1	4,0

La récolte, faite dans le champ où l'on avait prélevé les plants dont on vient de présenter les analyses, a été pesée avec le plus grand soin. On a d'abord pris le poids des gerbes; on a fait passer à la machine à battre; puis, après avoir mesuré le grain, on a conclu, par différence, le poids de la paille et celui des balles. On a eu par hectare, en ne déduisant pas la semence :

	hect.	
Froment 21,88, pesant	1685	kilogr.
Paille et balle.....	2681	
Racines (évaluées).....	300	
Poids de la récolte sur 1 hectare.	4666	

Le rapport du grain à la paille et aux balles est resté sensiblement ce qu'il était dans les quatre cent

cinquante plants, pris comme échantillons. Il y a donc lieu de présumer que le poids des plants enlevés avant la moisson, le 19 mai et le 9 juin, représente dans les mêmes limites d'erreur, l'état de la culture du champ à ces deux époques. On a ainsi, pour l'accroissement successif de la matière organique sur la surface d'un hectare, les résultats consignés dans le tableau suivant :

ÉPOQUES auxquelles les plants ont été enlevés.	POIDS de la plante desséchée par hectare.	CARBONE.	HYDROGÈNE.	OXYGÈNE.	AZOTE.	MATIÈRES MINÉRALES.
	k.	k.	k.	k.	k.	k.
19 mai 1844.....	(*)689	257,0	40,0	354,1	12,4	25,5
9 juin.....	2631	1007,7	163,1	1370,7	23,7	65,8
Accroissement du 19 mai au 9 juin...	1942	750,7	123,1	1016,6	11,3	40,3
15 août, moisson..	4666	1735,8	317,3	2324,3	42,0	186,6
Accroissement du 9 juin au 15 août..	2035	728,1	154,2	953,6	18,3	120

(*) En déduisant, pour la semence, 150 kilogrammes contenant : carbone, 39,5 k; azote, 3 kilogrammes, cendres, 3 kilogrammes.

On reconnaît que si, avant la floraison, du 19 mai au 9 juin, il y a eu 751 kilogr. de carbone et 11 1/2 kilog. d'azote assimilés par hectare, les mêmes principes fixés dans la plante, depuis l'apparition des fleurs jusqu'à la moisson, ont été 728 kil. de carbone et 18 kilog. d'azote. Sans doute, et comme on pouvait d'ailleurs le prévoir, le dévelop-

pement de la matière organisée, d'abord très-rapide, s'est ralenti à mesure que le végétal approchait de sa perfection ; mais ce développement a encore continué avec assez d'intensité pour que le poids de la récolte, à l'époque de la maturité, ait été double de ce qu'aurait pesé la plante, si on l'eût coupée lors de la floraison.

L'analyse montre, en outre, quelle a été la marche de l'assimilation des éléments constitutifs de la céréale, pendant toute la durée de la culture. Ainsi, en supposant que la végétation ait continué sans interruption, depuis le 1er mars jusqu'au 15 août, on trouve les nombres suivants :

EPOQUES DE LA VÉGÉTATION.	NOMBRE de jours écoulés.	EN UN JOUR ET SUR UN HECTARE.			
		Matière végétale sèche.	Carbone.	Azote.	Matières minérales.
		k.	k.	k.	k.
Du 1er mars au 19 mai.	79	6,82	2,75	0,12	0,28
Du 19 mai au 9 juin..	21	92,95	35,75	0,54	1,92
Du 9 juin au 15 août.	56	36,34	13,00	0,33	2,16
Assimil. moy. par jour.	»	28,95	10,88	0,25	1,18

J'avais rassemblé les matériaux nécessaires pour exécuter un travail du même genre sur une légumineuse ; mais l'accroissement survenu dans le poids de la matière végétale sèche a été tellement considérable entre la floraison et la maturation des fèves que j'ai été dispensé d'avoir recours à l'analyse. Ces ré-

sultats établissent qu'après leur fécondation, les plantes continuent à fixer les éléments du sol et de l'atmosphère.

§ 3. Des résidus des récoltes.

La substance végétale produite, dans le cours d'une rotation, ne se retrouve pas tout entière dans les récoltes : la terre en garde toujours une certaine partie. Il devient donc intéressant de rechercher la quantité de matière élémentaire laissée dans le sol par les différentes cultures. C'est un point qu'il est utile d'éclaircir dans l'intérêt de l'étude des assolements. En effet, les débris de la récolte actuelle influeront nécessairement sur les produits de la récolte prochaine ; et, dans le cours d'une rotation, la somme des résidus de récoltes successives doit être envisagée comme un supplément à l'engrais primitivement donné au terrain. Dans un assolement assez généralement adopté aujourd'hui, cette influence est manifeste ; c'est par elle que l'on explique comment une quantité de fumier, d'ailleurs fort limitée, suffit à la durée d'une rotation productive. Pour le trèfle, cette influence a frappé tous les yeux. Le froment, par exemple, en venant immédiatement après la plante sarclée, donne, dans nos cultures, 15 à 17 hectolitres par hectare ; après le trèfle, le produit s'élève à plus de 20 hectolitres.

L'amélioration si évidente du sol par le trèfle a probablement lieu par les résidus des autres récoltes ; mais comme, dans certains cas, les débris abandon-

nés se bornent à compenser, à atténuer l'épuisement, leur effet utile est moins visible, moins prononcé. Que les résidus des plantes cultivées dans une rotation compensent en tout ou partie l'appauvrissement du terrain ; qu'ils ajoutent, dans quelques circonstances, à sa fécondité, c'est ce qu'on admettra sans difficulté : car il est bien clair qu'en adoptant des cultures laissant beaucoup de débris, c'est précisément comme si l'on récoltait moins de produits sur une surface donnée. Mais quelle est la quantité de débris végétaux, restitués directement à la terre par telle ou telle culture? Quelle est, en un mot, la valeur de ces résidus considérés comme engrais? Les idées sur ce point sont peu arrêtées. C'est dans le but de les préciser, en substituant aux aperçus vagues des faits qui permettent d'ouvrir une discussion utile, que je me suis décidé à peser et à analyser les débris végétaux laissés dans la terre par les différentes cultures.

Ces expériences ont été faites sur des surfaces de terrain de 1 à 4 ares. Les racines de trèfle et les chaumes ont été enlevés à la bêche : avant de les faire sécher, on les a débarrassés de la terre adhérente, par un lavage.

Les feuilles de betteraves et les fanes de pommes de terre ont été desséchées au four ; c'est sur ce produit sec, susceptible de se réduire en poudre, que l'on a pris les échantillons pour les analyses.

Dans le cours d'une seule année, on ne peut espérer d'avoir obtenu un résultat moyen. Les résidus

des récoltes doivent varier d'une année à l'autre. J'ajouterai même que l'année dans laquelle ces recherches ont été entreprises a été peu favorable, parce que les récoltes ont été généralement mauvaises; mais les pesées de 1839 pourront être répétées, afin d'atteindre un chiffre moyen : quant aux résultats analytiques, je crois qu'on peut, sans crainte d'erreur bien grave, les considérer comme définitifs.

Fanes de pommes de terre.

Une surface d'un are, mesurée sur une pièce ayant souffert de la sécheresse, a donné 21,4 kil. de fanes vertes. Après une dessiccation à l'air, ces fanes ont pesé 8,4 kil. Une égale surface, prise sur une pièce offrant une belle apparence, a donné : fanes vertes, 36 kil.; séchées à l'air, 7,4 kil. On aurait ainsi, pour un hectare de fanes vertes, 2,870 kil.; sèches, 790 kil. En 1839, la récolte en pommes de terre a été de 12,400 kil. par hectare. 100 gr. de fanes séchées à l'air ont perdu, par une dessiccation à 110°, 12 gr. d'humidité.

Le poids des fanes complétement sèches se réduit, par conséquent, à 687,5 kil. par hectare.

Composition des fanes.

Carbone	44,8
Hydrogène	5,1
Oxygène	30,5
Azote	2,3
Sels et terre	17,3
	100,0

Feuilles de betteraves champêtres.

Sur une surface de 4,24 ares, on a recueilli, deux jours après l'arrachement des racines, 444 kil. de feuilles.

25 kilog. de feuilles ramenées à l'état de siccité ont pesé 2,787 kil. Avec ces données, on trouve que les 444 kilog. de feuilles vertes recueillies sur 4,24 ares devaient peser, sèches, 49,50 kil.

L'hectare a fourni :

Feuilles vertes.....	10472 kilog.
Feuilles sèches.....	1167

La récolte en racines a été, pour 1839, de 14,921 kil., c'est-à-dire à peu près une demi-récolte; car en moyenne nous obtenons 26,000 kil.

Composition des feuilles sèches.

Carbone.....	38,1
Hydrogène.....	5,1
Oxygène.....	30,8
Azote.....	4,5
Sels et terre.....	21,5
	100,0

Chaume de froment.

D'un are de terrain on a retiré 6 kil. de chaume séché à l'air. Sur un autre champ, une même surface a produit 8 kilog.

On a ainsi 700 kil. de chaume par hectare; mais comme le froment revient deux fois dans la rotation, il faut doubler les résidus : soit 1,400 kil.

Digitized by Google

Le chaume perd 0,26 d'humidité qnand on le dessèche complétement à 110°.

En 1839, la récolte en froment, venue après plante sarclée et sur trèfle, n'a été que de 14,84 hectolitres par hectare. J'ai appliqué au chaume la composition de la paille.

Racines de trèfle.

Une surface de 1 are a donné 20 kil. de racines pesées après une forte dessiccation au soleil; desséchées à l'étuve pour être pulvérisées, le poids s'est réduit à 16,98 kil.

100 grammes de racines en poudre ont perdu, par la dessiccation à 110°, 8 gr. d'humidité. Ainsi les 20 k. de racines desséchées au soleil eussent pesé 15,47 kil. Un hectare aurait fourni 1,547 kil. de résidus de trèfle parfaitement secs.

En 1839, la récolte de trèfle, réduit en foin, a été bien au-dessous de la récolte moyenne.

Composition des racines.

Carbone	43,4
Hydrogène	5,3
Oxygène	36,9
Azote	1,8
Sels et terre	12,6
	100,0

Chaume d'avoine.

L'avoine termine l'assolement; ses résidus n'agissent donc pas sur la rotation actuelle, leur action

s'exercera sur la rotation prochaine; de même que les débris organiques laissés dans la terre par l'avoine de l'assolement antérieur ont influé sur la culture présente.

En 1839, la récolte d'avoine s'est élevée au-dessus de la moyenne : elle a été de 2,031 kil. par hectare.

Un are d'une sole d'avoine a fourni 9,12 kil. de chaume séché à l'air : pour un hectare 972 kil.

J'adopte encore, pour le chaume, la composition de la paille telle qu'elle a été donnée précédemment.

Je résume, dans le tableau suivant, les résultats exposés précédemment, en y joignant la quantité et la composition de l'engrais consommé dans la rotation.

NATURE des RÉCOLTES.	PRODUIT par hectare, en 1839.	PRODUIT desséché à 100°	NATURE DES RÉSIDUS DES RÉCOLTES enfouis dans le sol.	RÉSIDUS obtenus sur un hectare.	RÉSIDUS DESSÉCHÉS à 100°.	MATIÈRE ÉLÉMENTAIRE DES RÉSIDUS.				
						Carbone.	Hydrog.	Oxygène.	Azote.	Sels et terre.
	kil.	kil.		kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
Pommes de terre.	12400	2988	Fanes de pommes de terre.	2870	687	307,9	35,1	206,2	15,8	122,3
Betteraves.....	14921	1820	Feuilles de betteraves....	10472	1167	444,6	59,5	359,5	52,5	250,9
Froment.....	2344	2004	Chaume.....	1400	1036	501,4	55,0	402,8	4,2	72,6
Trèfle (en foin)..	2500	1975	Racines séchées au soleil.	2000	1547	671,4	82,0	570,8	27,9	194,9
Avoine.....	2031	1608	Chaume.....	912	650	325,7	35,1	253,5	2,6	33,1
Sommes.....	34196	10395		17654	5087	2251,0	266,7	1792,8	103,0	673,8
Engrais employé.	49086	.....		.....	10161	3637,6	426,8	2621,5	203,2	3271,9

On voit que les résidus des récoltes, enfouis successivement pendant le cours de la rotation, représentent en quantité et même en nature un peu moins de la moitié de l'engrais primitivement donné au terrain; je dis un peu moins, parce qu'il faut se rappeler que dans la somme des résidus, les feuilles de betteraves et les fanes de pommes de terre ne devraient pas figurer ensemble; l'un des résidus exclut l'autre, par la raison que les deux plantes sarclées n'entrent pas à la fois, suivant cette proportion, dans le même assolement.

Les matières organiques, cédées à la terre par les différentes cultures, expliquent donc comment on atteint la clôture de la rotation, sans qu'il soit indispensable d'ajouter un supplément d'engrais en nature. Il est hors de doute que sans cette addition de matière élémentaire, la fertilité du sol s'affaiblirait beaucoup plus rapidement; car le résidu de chaque culture n'est autre chose qu'une partie de la récolte elle-même, destinée, comme je l'ai dit, à l'*enfouissage* en vert. C'est donc un véritable supplément d'engrais dont on doit tenir compte.

On remarquera que dans l'assolement de cinq ans, sur cinq récoltes il y en a deux, celle de la plante sarclée et celle du trèfle, qui cèdent au sol des résidus abondants et riches en matière azotée. Il est évident que ces récoltes agissent favorablement sur les céréales; mais les données manquent pour apprécier leur utilité spécifique dans la rotation générale. Nous voyons, par exemple, que, malgré la forte proportion

des résidus laissés par la betterave, cette plante affaiblit considérablement le produit du froment que l'on récolte après elle. La pomme de terre, bien que laissant beaucoup moins de débris, paraît agir moins défavorablement. Le trèfle abandonne plus de résidus que la pomme de terre ; par cela même on conçoit qu'il favorise davantage la céréale qui vient après lui ; mais, il faut bien le reconnaître, l'effet favorable de ces résidus est tellement prononcé, qu'il est hors de proportion avec ce que l'on pouvait en attendre, en les comparant aux débris des deux plantes sarclées. C'est que l'effet visible, appréciable, des résidus sur les récoltes immédiates ne résulte pas uniquement de leur masse, même en leur supposant des qualités égales ; cet effet apparent dépend surtout de l'action exercée sur le fond par les cultures qui les ont laissés. Si ces cultures ont été fortement épuisantes, on comprend que leurs débris enfouis, quelque considérables qu'ils soient, se borneront à compenser, à atténuer l'épuisement ; et, dans ce cas, l'effet utile des résidus, bien que réel, pourra passer inaperçu, si on le mesure par le produit de la récolte prochaine. Si, au contraire, une culture a été peu épuisante, soit par le peu d'abondance des matières récoltées, soit parce qu'elle aura puisé dans l'air la majeure partie de ses principes élémentaires, l'effet utile des résidus sera toujours visible. Quand on discute, comme nous l'avons fait, la valeur relative de divers systèmes d'assolements, on évalue la quantité de matière élémentaire prise sur l'atmosphère par un en-

semble de cultures; mais la méthode générale qui a été suivie est muette lorsqu'il s'agit d'assigner à chaque culture en particulier la part qu'elle a eue au gain total. Pour répondre à cette question, dont la connaissance des résidus est un des éléments, il reste encore à déterminer pour chacune des plantes qui font partie d'une rotation, les quantités respectives de matière élémentaire fournies par le sol et par l'atmosphère; en d'autres termes, il reste à faire sur chaque plante, considérée isolément, ce qui a été essayé sur leur culture collective; il y a là matière à un travail important.

§ 4. De la matière minérale contenue dans les engrais et dans les récoltes.

Nous venons de considérer la matière organique développée durant une série de récoltes successives. Pour compléter l'étude des assolements, autant du moins que le permet l'état de la science, il nous reste à examiner la relation qui existe entre les substances minérales des produits récoltés, et celles des engrais donnés au sol.

Nous avons déjà établi, d'une manière générale, que certains sels minéraux, certaines bases salifiables sont essentielles à la constitution des plantes.

L'importance de la discussion des assolements, considérés au point de vue de la matière inorganique, a été parfaitement comprise par Davy. « L'exporta-« tion des grains d'un pays qui ne reçoit pas en « échange des substances capables de donner des

« engrais, a dit ce chimiste illustre, doit à la longue « épuiser le sol. » Davy attribuait à une semblable exportation, la stérilité de quelques-unes des parties de l'Afrique septentrionale et de l'Asie mineure; l'aridité actuelle de la Sicile, cet ancien grenier de l'Italie, lui paraissait due à la même cause. Rome renferme certainement dans ses catacombes, du phosphore apporté de toutes les contrées du vieux monde.

Dans ses recherches sur la végétation, de Saussure a signalé les substances minérales renfermées dans les plantes. Sprengel, M. Berthier, ont analysé un grand nombre de cendres. M. Liebig, en insistant sur le rôle utile des bases alcalines et des sels dans les cultures, a rappelé l'importance du rôle et la matière inorganique dans l'étude des assolements; importance que j'ai toujours admise depuis l'époque ou j'ai connu les travaux de Saussure; mais, à mon avis, si l'on n'a pas tiré un parti convenable des travaux des analystes, c'est que toute discussion sur les substances minérales nécessaires aux végétaux doit, pour être fructueuse, s'appuyer sur l'analyse des cendres de plantes venues dans le même sol, fumées avec un même engrais dont on connait le contenu et la composition des cendres. C'est pour la matière inorganique une sorte de compte courant à établir entre les récoltes et le fumier. Bien que j'accorde une grande confiance aux analyses publiées jusqu'à ce jour, je n'ai pas cru devoir en faire usage pour atteindre le but que je me proposais. Il ne m'a pas semblé qu'il fût bien rationnel de comparer

des matériaux aussi hétérogènes par leur origine, que peuvent l'être des analyses de la cendre de végétaux récoltés à Genève, à Paris, en Allemagne, lorsqu'il s'agissait d'expliquer des phénomènes agricoles réalisés dans une ferme de l'Alsace. Par ces divers motifs, je me suis décidé à analyser les cendres des végétaux admis dans les rotations suivies à Bechelbronn, en bornant toutefois ces recherches aux parties de la plante que l'on récolte. Je n'avais qu'un intérêt très-secondaire à connaître la composition des cendres de celles de ces parties laissées sur le terrain, car il est évident que les substances minérales qu'elles contiennent ne sont pas distraites du sol. Ainsi, j'ai seulement examiné les cendres des tubercules de la pomme de terre, des racines de la betterave, sans faire porter un semblable examen sur les feuilles de ces deux plantes.

Les cendres provenaient presque toutes des produits récoltés en 1841. Dans le plus grand nombre de cas, on a fait deux analyses de la même substance. Dans ce long et fastidieux travail, auquel j'ai du consacrer près d'une année, j'ai été habilement secondé par M. Letellier.

On remarquera, dans les résultats, des pertes qui dépassent celles que l'on tolère ordinairement dans des recherches faites avec soin. Je me suis assuré à plusieurs reprises que ce déficit, dont j'ai été d'abord très-étonné, provient surtout de la difficulté qu'on éprouve à incinérer certaines matières végétales. Lorsqu'elles sont riches en sels alcalins, ces matières lais-

sent des cendres si facilement fusibles qu'il devient fort difficile de s'opposer à leur agglutination; le charbon échappé à la combustion se trouve emprisonné dans une espèce de fritte qui forme un obstacle à l'action de l'air. La nécessité où l'on est alors d'incinérer à la température la plus basse possible, afin d'éviter ou plutôt d'amoindrir cet inconvénient, fait qu'on laisse quelquefois dans la cendre un peu d'humidité; mais c'est bien réellement au charbon qu'est due la perte la plus importante. Ainsi, le déficit subi dans l'analyse de la cendre de froment s'élève à 2,4 pour 100. Or, par une recherche directe, le charbon a été trouvé égal à 2. La perte réelle se réduirait, par conséquent, à 0,5 (1). Quoi qu'il en soit, j'ai présenté les résultats tels qu'ils ont été obtenus, sans introduire aucune correction. Au nombre des produits de l'analyse, l'alumine figure avec l'oxyde de fer. Cette terre, que j'ai presque toujours rencontrée en quantité minime dans les cendres, est peut-être accidentelle, car elle peut provenir de la terre adhérente dont il est bien difficile de débarasser complètement les plantes que l'on incinère; cependant il ne faut pas oublier qu'on la trouve dans l'eau des rivières.

TABLEAU.

(1) J'ai trouvé depuis, qu'en opérant à une température peu intense, on obtient des cendres exemptes de charbon. Je chauffe le vase de platine, dans lequel s'effectue la combustion, au moyen d'une lampe de Carcelle.

COMPOSITION DES CENDRES PROVENANT DES PLANTES RÉCOLTÉES A BECHELBRONN.

SUBTANCES	ACIDES			CHLORE.	CHAUX.	MAGNÉSIE.	POTASSE.	SOUDE.	SILICE.	OXYDE DE FER, ALUMINE, ETC.	CHARBON, HUMIDITÉ, PERTE.
	carbonique.	sulfurique.	phosphoriq.								
Pommes de terre....	13,4	7,1	11,3	2,7	1,8	5,4	51,5	traces.	5,6	0,5	0,7
Betteraves champêtres	16,1	1,6	6,0	5,2	7,0	4,4	39,0	6,0	8,0	2,5	4,2
Navets.....	14,0	10,9	6,1	2,9	10,9	4,3	33,7	4,1	6,4	1,2	5,5
Topinambours.....	11,0	2,2	10,8	1,6	2,3	1.8	44.5	traces.	13,0	5,2	7,6
Froment.....	0,0	1,0	47.0	trace.	2,9	15,9	29,5	id.	1,3	0.0	2,4
Paille de froment....	0,0	1,0	3,1	0,6	8,5	5,0	9,2	0,3	67,6	1,0	3,7
Avoine	1,7	1,0	14,9	0,5	3,7	7,7	12,9	0,0	53,3	1,3	3,0
Paille d'avoine (1)...	3,2	4,1	3,0	4,7	8,3	2,8	24,5	4,4	40,0	2,1	2,9
Trèfle.....	25,0	2,5	6,3	2,6	24,6	6,3	26,6	0,5	5,3	0,3	0,0
Pois.....	0,5	4,7	30,1	1,1	10,1	11,9	35,3	2,5	1,5	traces.	2,3
Haricots.....	3,3	1,3	26.8	0,1	5,8	11,5	49,1	0,0	1,0	id.	1,1
Fèves.....	1,0	1,6	34,2	0,7	5,1	8,6	45,2	0,0	0,5	id.	3,1

(1) La faible portion de silice trouvée m'a surpris; les deux analyses ont donné le même nombre.

Si maintenant on applique ces résultats analytiques aux produits récoltés sur un hectare, on a pour chacune des cultures comprises dans les assolements, la quantité des matières inorganiques enlevées au terrain.

TABLEAU.

Digitized by Google

SUBSTANCES MINÉRALES ENLEVÉES AU SOL PAR LES DIVERSES CULTURES FAITES SUR UN HECTARE (1).

NATURE DE LA RÉCOLTE.	RÉCOLTE sèche.	Cendres dans 100 parties de la récolte.	Quantité de cendres par hectare.	ACIDES phosphorique.	ACIDES sulfurique	CHLORE.	CHAUX.	MAGNÉSIE	POTASSE et SOUDE.	SILICE.	OXYDE DE FER, ALUMINE, ETC.
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil
Pommes de terre	3085	4,0	123,4	13,9	8,8	3,3	2,2	6,7	63,5	6,9	18,6
Betteraves	3172	6,3	199,8	12,0	3,2	10,4	14,0	8,8	89,9	16,0	5,0
Navets dérobés, demi-récolte	716	7,6	54,4	3,3	5,9	1,6	5,9	2,3	20,6	3,5	0,7
Topinambours	5500	6,0	330,0	35,6	7,3	5,3	7,6	5,9	146,8	42,9	17,2
Froment	1148	2,4	27,5	12,9	0,3	0,0	0,8	4,4	8,1	0,4	»
Paille de froment	2790	7,0	195,3	6,0	2,0	1,2	16,6	9,8	18,6	132,0	2,0
Avoine	1064	4,0	42,6	6,4	0,4	0,2	1,6	3,3	5,5	22,7	0,6
Paille d'avoine	1283	5,1	65,4	1,9	2,7	3,1	5,4	1,8	18,9	26,2	1,4
Trèfle	4029	7,7	310,2	19,5	7,7	8,1	76,3	19,5	84,1	16,4	0,9
Pois fumés	998	3,1	30,9	9,3	1,5	0,3	3,1	3,7	11,7	0,5	traces.
Haricots à l'état normal	1580	3,5	55,3	14,8	0,7	0,1	3,2	6,4	27,1	0,6	id.
Fèves à l'état normal	2121	3,0	63,6	21,8	1,0	0,5	3,2	5,5	28,7	0,3	id.

(1) Déduction faite de l'acide carbonique qui ne préexistait pas dans les plantes, et qu'on doit considérer comme un produit de la combustion.

On voit, en consultant les chiffres inscrits dans ce tableau, qu'une récolte moyenne de blé faite sur un hectare, prive le sol d'environ 19 kilog. d'acide phosphorique. Une récolte de fèves enlève 22 kilog. du même acide. La betterave prend 12 kilog. d'acide phosphorique, et de plus une forte proportion de potasse et de soude qui approche d'un quintal. Il est bien évident que de semblables résultats tendent continuellement à appauvrir la terre arable des substances minérales utiles qui s'y rencontrent ; il pourrait même arriver une époque où un terrain sera rendu improductif par suite de cet épuisement. Dans les fonds d'une richesse extrême, comme ceux provenant d'un défrichement analogue à ceux qu'on opère de nos jours dans les forêts vierges du nouveau Monde, on conçoit que l'épuisement des matières salines reste inaperçu pendant une longue suites d'années, pendant des siècles mêmes. En effet, en Amérique, où les grands défrichements se font presque toujours en incendiant les forêts, des millions de stères de bois laissent, après leur combustion, une quantité de sels véritablement prodigieuse. Aussi, on ne prévoit pas la limite de la fertilité de terres arables ayant une telle origine ; et j'ai déjà eu occasion de citer ces récoltes abondantes qui payent si largement les peines du planteur. Dans des circonstances moins extraordinaires, dans le voisinage des grands centres de population, là précisément où, en raison du prix élevé des denrées, le cultivateur a l'intérêt le plus direct de porter au marché la plus forte proportion

possible de ses produits, réduisant ainsi au minimum la consommation sur place, le manque des principes salins indispensables à la fécondité ne tarderait pas à se faire sentir, si, en retour des exportations on n'importait pas sur l'établissement des débris organiques destinés à réparer les pertes. Au reste, tout ce j'ai dit sur ce genre de culture, à l'occasion de la matière organique, est exactement appliquable à la matière inorganique.

Le cas le plus intéressant à considérer dans la question qui nous occupe est celui d'un *domaine rural* isolé, obligé de tirer toutes ses ressources de lui-même; un domaine, en un mot, d'où l'on exporte continuellement une fraction déterminée de ses produits, et dans lequel on n'importe jamais de fumier. Je crois avoir établi précédemment par quelle voie les terres en culture empruntent à l'atmosphère, pour les remplacer, les éléments azotés de l'exploitation continuellement exportés. Il me reste maintenant à montrer comment sont remplacés à leur tour les principes salins, les alcalis, les phosphates qui accompagnent les céréales, le bétail, le laitage, conduits au marché. J'arriverai ainsi, j'en ai la conviction, à éclaircir un point intéressant de l'histoire des assolements par les résultats de l'analyse chimique. Je raisonnerai toujours, dans ce qui va suivre, sur les données pratiques que j'ai rassemblées à Bechelbronn et dont j'ai déjà fait usage. Ce domaine est un établissement très-ordinaire; les terres, arrivées à un état de fertilité très-satisfaisant, par suite d'une culture raisonnée, ne sont pas fon-

cièrement riches, et leur qualité décroîtrait rapidement si l'on cessait de leur rendre périodiquement la dose d'engrais nécessaire.

J'ai dû d'abord déterminer la nature et la quantité des substances minérales du fumier. Dans le but d'arriver à une connaissance suffisamment précise de la composition de ces matières minérales, j'ai brûlé, à diverses époques de l'année, des quantités assez considérables de fumier. Les cendres ont été intimement mêlées, et c'est sur ce mélange que les analyses ont été faites, après qu'on eut achevé l'incinération dans un vase de platine. Le résultat moyen de ces analyses se représente par :

Acides	carbonique.....	2,0
	phosphorique.....	3,0
	sulfurique.....	1,9
Chlore.....		0,6
Silice, sable, argile.....		66,4
Chaux.....		8,6
Magnésie.....		3,6
Oxyde de fer, alumine.....		6,1
Potasse et soude.....		7,8
		100,0

Le fumier de ferme n'est pas l'unique amendement que nous donnons à la terre; elle reçoit en outre une forte dose de cendres de tourbe et de plâtre. Je rappellerai ici que ces cendres contiennent :

Silice.....	65,5
Alumine.....	16,2
Chaux.....	6,0
Magnésie.....	0,6
Oxyde de fer.....	3,7
Potasse et soude.....	2,3
Acide sulfurique.....	5,4
Chlore.....	0,3
	100,0

Dans l'assolement adopté à Bechelbronn, le fumier de ferme introduit dans la culture d'un hectare renferme 3, 272 kil. de cendres.

Nous répandons sur la sole de trèfle de première année 5 mètres cubes de cendre de tourbe, et autant, au commencement du printemps, sur la sole de deuxième année, soit 10 mètres cubes pesant 5,000 kil (1). Je ne ferai pas figurer le plâtre que le trèfle de deuxième année reçoit ordinairement, parce que je considère cette addition comme parfaitement inutile à la suite de la dose de cendre de tourbe que nous employons.

La totalité des substances minérales données à la terre par hectare et pour cinq ans est :

	Poids total des matières minérales.	ACIDES phosph.	ACIDES sulfuriq	CHLORE.	CHAUX.	MAGNÉSIE.	POTASSE ET SOUDE.	SILICE ET SABLE.	OXYDE DE FER, etc.
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil	kil.
Par le fumier....	3272	98	62	20	281	118	255	2233	200
Par les cendres de tourbe.....	5000	»	270	15	300	30	115	3275	185
Somme....	8272	98	332	35	581	148	370	5508	385

Il est facile de voir que, par l'engrais et les amendements qu'il reçoit, le sol est surabondamment pourvu de tous les principes minéraux que peuvent exiger les récoltes. Considérons en effet les rotations suivies à Be-

(1) Depuis quelques années on n'emploie plus de cendres de tourbe.

chelbronn sous le rapport des substances inorganiques, comme nous les avons déjà considérées sous le rapport des matières organiques; comparons, en un mot, la quantité et la nature des substances minérales prélevées durant les cultures successives, avec les mêmes substances introduites dans le sol à l'ouverture de l'assolement, et nous trouverons que les quantités d'acide phosphorique, d'acide sulfurique, de chlore, de silice, de bases alcalines et terreuses, que l'analyse indique dans les produits récoltés, sont toujours inférieures aux quantités des mêmes corps existant dans la terre arable.

Je ferai porter la comparaison sur l'assolement n° 1 dont la rotation est ouverte par la pomme de terre. Je n'ai pas cru devoir discuter l'assolement n°2 dans lequel la betterave remplace la pomme de terre, parce que la constitution des cendres de ces deux récoltes offre assez d'analogie pour qu'il soit à peu près indifférent d'introduire l'une ou l'autre sole dans la discussion.

RÉCOLTE MOYENNE SUR UN HECTARE.	SUBSTANCES minerales dans la récolte.	ACIDES phosphoriq.	ACIDES sulfurique.	CHLORE.	CHAUX.	MAGNÉSIE.	POTASSE et SOUDE.	SILICE.
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
Assolement n° 1 : Pommes de terre.	123,4	13,9	8,8	3,3	2,2	6,7	63,5	6,9
2e et 4e années : froment	55.0	25,8	0,6	»	1,6	8,8	16,2	0,8
— paille de froment...	390,6	12,0	4,0	2,4	3,2	19,6	37.2	264,0
3e année : trèfle.....	310,2	19,5	7,7	8,1	76,3	19,5	84,1	16,4
5e année : avoine.....	42,6	6,4	0,4	0,2	1,6	3.3	5,5	22,7
— paille d'avoine.....	65,4	1,9	2,7	3,0	5,4	1,8	18,9	26,2
Navets dérobés, demi-récolte.....	54,4	3,3	5,9	1,6	5,9	2,3	20,6	3,5
	1010,9	82,8	30,1	18,6	126,2	62,0	246,0	340,5
Substances minérales des engrais...	8272,0	98,0	332,0	35,0	581,0	148,0	370,0	5508,0 (1)
Excès sur les subst. min. des recoltes.	»	15,2	301,9	16,4	454,8	86,0	124,0	5167,5

(1) Dans cette silice est compris le sable siliceux.

On a prétendu, à une certaine époque, que c'était pour assurer au froment la quantité considérable de phosphates qu'il exige, qu'on faisait précéder sa culture par celle de racines ou de tubercules, par des légumineux, plantes que l'on supposait renfermer une bien moins forte proportion de ces sels. On peut se convaincre, en consultant le tableau des substances minérales enlevées au sol que cette raison n'était aucunement fondée. Par exemple, les fèves et les haricots demandent 22 et 15 kil. d'acide phosphorique à un hectare de terre; la pomme de terre et la betterave prennent à la même surface environ 12 à 14 kil. du même acide, précisément ce qui se trouve dans une récolte de froment. Le trèfle est tout aussi riche en phosphates que les gerbes de la céréale à laquelle il succède; et cette dose élevée d'acide phosphorique, emprunté au sol, ne diminue en rien la dose non moins forte qui entrera dans le froment venant après la prairie artificielle. Au reste, on comprend très-bien que si la terre renferme au delà de la quantité de substances minérales nécessaire à la totalité des cultures de la rotation, il devient indifférent que les récoltes puisent dans le sol, selon tel ou tel ordre; et c'est évidemment par des raisons toutes différentes que ces cultures se succèdent d'après les règles généralement adoptées. Il convient, par exemple, d'ouvrir une rotation par une plante sarclée que l'on sème au printemps, et qui suit par conséquent, dans notre assolement, l'avoine de la rotation précédente; c'est déjà un avantage que de pouvoir

accumuler et transporter les fumiers durant l'hiver. D'ailleurs, l'ordre est tout à fait à la convenance du cultivateur, et il y a des localités où, pour des raisons particulières, les récoltes se succèdent d'un tout autre mode. Une partie des produits récoltés retourne, comme nous l'avons vu, au fumier, après avoir servi à l'alimentation des animanx annexés à la ferme. Les matières inorganiques de cette réserve de la récolte seront donc restituées à la terre d'où elles sont sorties, déduction faite de la fraction assimilée dans l'organisme du bétail. Enfin, la totalité du froment et une certaine quantité de chair seront exportés, et, avec ces produits marchands, une dose assez forte de matières inorganiques sortira de l'établissement. Ainsi, dans l'assolement de cinq ans, que j'ai décrit, le minimum d'exportation des substances salines enlevées à un hectare de terrain, est représenté par 30 kil. d'acide phosphorique et par 40 à 50 kil. d'alcali : c'est autant de perdu pour les fumiers; et comme, en définitive, on retrouve à la fin de la rotation une quantité égale et à peu près semblable à celle dont on disposait au commencement, il faut bien que les pertes en substances minérales soient comblées par une provenance du dehors, si le sol n'est pas fourni naturellement de ces matières.

Dès mes premières recherches sur les assolements (1), j'ai rappelé que dans la culture des produits exportables, il devient indispensable de tenir

(1) Mémoire communiqué à l'Académie, en 1838.

en prairies une forte fraction du domaine, et j'ai cité comme un cas extrême l'assolement triennal avec jachère fumée. C'est effectivement par la prairie que les terres arables recouvrent les principes que lui enlève l'exportaion. Ce point, que j'ai admis alors en raisonnant par analogie, trouve une complète démonstration dans les résultats de l'analyse.

J'ai examiné, en vue de cette question, les cendres du foin de nos prairies de *Durrenbach*, irriguées par la *Sauer*. Les analyses ont été faites sur des cendres fournies par les récoltes de 1841 et 1842 :

		I.	II.	III.	Moyenne.
Acides	carbonique....	9,0	5,5	»	7,3
	phosphorique..	5,3	5.3	5,5	5,4
	sulfurique.....	2,4	2,9	»	2,7
Chlore.....		2,3	2,8	»	2,6
Chaux.....		20,4	15,4	»	17,9
Magnésie.....		6,0	8,3	»	7,2
Potasse.....		16,1	27,3	»	21,7
Soude.....		1,2	2,3	»	1,8
Silice.....		33,7	29,2	»	31,5
Oxyde de fer, etc.....		1,5	0,6	0,5	0,9
Perte.....		2,1	0,4	»	1,0
		100,0	100,0		100,0

Le n° 1 a donné 6,0 pour 100 de cendres.

Le n° 2 6,2 id.

En admettant, pour le rendement moyen annuel de nos prairies irriguées, 4,000 kil. de foin et regain par hectare, on trouve que d'une semblable surface de terrain il sort 244 kil. de cendres contenant :

Acides	carbonique.....	17,8 kilogr.
	phosphorique.....	13,2
	sulfurique.....	6,6
Chlore.....		6,3
Chaux.....		43,7
Magnésie.....		17,6
Potasse et soude.....		57,3
Silice.....		76,9
Oxyde de fer et perte.....		4,6
		244,0 kilog.

En portant, comme je l'ai fait, l'exportation minima annuelle de la matière minérale d'un hectare de terre arable à 6 kil. d'acide phosphorique et à 9 kil. d'alcali (potasse et soude), on voit que, pour compenser ces pertes, il faut, de toute nécessité, qu'il arrive à la ferme, chaque année, une quantité de foin correspondante à environ 1,970 kil. pour un hectare de terre labourée : ce qui établirait entre les terres arables et les prairies un rapport un peu inférieur à :: 1 : 1/2.

Dans la pratique, le rapport admis est moindre que celui déduit de l'analyse; on voit des fermes où la prairie n'occupe que le quart, le cinquième de la surface totale. Lorsque le seigle remplace le froment, l'étendue en prairie peut être plus limitée encore. Au reste, j'ai supposé que la terre arable ne contenait aucun élément inorganique qui lui fût propre, que tout lui venait des engrais et des amendements; or, tous les fonds renferment des traces de phosphates, et il est difficile de rencontrer une argile et un calcaire marneux exempts de potasse. Néanmoins, des praticiens très-éclairés commencent à s'apercevoir

qu'on a probablement trop sacrifié la prairie à la terre arable. Dans des localités situées dans des conditions analogues à celles dans lesquelles nous nous trouvons, en dehors de toute source d'engrais organiques toujours pourvus de principes salins, on a voulu imiter la pratique de contrées plus favorisées, où il est possible, par exemple, d'ajouter au fumier des débris d'animaux. La récolte des céréales s'est ressentie de cette innovation; il n'en pouvait être autrement, et, aujourd'hui on s'aperçoit d'une réaction en sens contraire : je pourrais nommer des établissements en pleine prospérité, où la moitié du domaine est en prés. La demande toujours croissante de la viande favorisera ce mouvement, au plus grand avantage de l'amélioration du sol. Par suite de la position toute particulière dans laquelle nous sommes placés, près de la moitié de nos terres sont en prairie, condition favorable à une forte exportation des produits de la terre arable. En appliquant les résultats des analyses précédentes, je trouve que, s'il n'y avait aucune déperdition, chaque année, les foins devraient faire entrer dans l'établissement au moins (1) :

570 kilog.	d'acide phosphorique.
285	d'acide sulfurique.
274	de chlore.
1889	de chaux.
760	de magnésie.
2480	de potasse et de soude.
3324	de silice.

(1) J'ai pris la récolte de 1840-41, qui est au-dessous de la moyenne.

Cette somme considérable de substances minérales est fournie par des prairies dont l'engrais n'est autre que les eaux et le limon qu'elles déposent après avoir coulé sur le grès des Vosges; elles ne reçoivent aucun fumier de la ferme; on se borne à les *terrer* avec les détritus, la vase, charriés par la rivière. Ce sont de véritables sources d'éléments salins. Les prairies privées d'eaux courantes ne doivent pas être rangées dans la même catégorie; elles ne donnent que les principes existants dans leurs fonds; aussi est-on presque toujours obligé de les fumer tous les trois ou quatre ans; et, en définitive, si elles ne sont pas placées sur un sol d'une grande richesse naturelle, leur culture, si j'en juge d'après mon expérience, est bien loin d'être avantageuse.

Au reste, il est impossible d'assigner la part des matériaux utiles à l'organisme végétal apportés par le sol. L'analyse exécutée avec le plus grand soin n'en indique pas la quantité absolue; elle ne donne, tout au plus, qu'une grossière approximation; en réalité, elle se borne à dire s'il y a ou s'il n'y a pas telles ou telles matières, en ne se prononçant aucunement sur leurs propriétés.

C'est que l'évaluation du volume de la terre d'un champ dont, on ne connaît, après tout que la surface, est complétement arbitraire. Le poids ou le cube de cette terre dépendra nécessairement de la profondeur qu'on adoptera pour faire le calcul. Qu'on suppose, pour simplifier, que le mètre cube de terrain desséché pèse 2,000 kilog.: chaque tranche d'un déci-

mètre d'épaisseur en pèsera 200. Si, maintenant, l'analyse a indiqué dans la terre 0,0005 d'acide phosphorique, on aura pour l'acide contenu dans un hectare, 2,000 kilog., 3,000 kilog., 4,000 kilog., 5,000 kilog., selon qu'on prendra pour épaisseur de la tranche 2, 3, 4 ou 5 décimètres. Il est d'ailleurs impossible d'assigner la limite de la profondeur à laquelle s'arrêtent les racines; en outre, comme les principes actifs du sol ne pénètrent dans la plante qu'alors qu'ils sont dissous, on conçoit que, dans un terrain imbibé d'humidité, ils doivent arriver de points fort distants, par l'effet de la diffusion qui a lieu au sein des liquides. Il est encore une raison pour ne pas attacher trop d'importance à la connaissance de ces principes : c'est qu'elle n'implique pas leur aptitude à l'assimilation. J'ai déjà fait remarquer que l'on commettait une erreur grave, en calculant par un dosage d'azote, le nombre de kilogrammes d'ammoniaque contenus dans un champ. On ferait une erreur du même ordre, si, s'appuyant sur des résultats de laboratoire, on recherchait la quantité d'acide phosphorique ou de potasse disponible, assimilable dans un hectare de terre. Ce serait supposer que toutes les matières organiques, toutes les substances minérales que l'analyse décèle, sont dans le sol au même état que dans le fumier. Or s'il en était ainsi, l'intervention des engrais deviendrait inutile ; car il est bien peu d'hectares de terres arables dans lesquels il n'existe pas, chimiquement parlant, quelques milliers de kilogrammes de matière organique azotée, de phosphates, de

potasse, etc. Cependant, pour la plupart, ces terres, malgré leur richesse, deviendraient bientôt improductives si elles n'étaient pas fumées. Le plus petit nombre sont celles qui, suffisamment dotées d'agents fertilisants, n'exigent pas le concours du fumier. J'ai eu l'occasion de citer des contrées où l'on rencontre des sols aussi favorisés.

Afin de montrer combien les principes utiles aux plantes varient dans leurs proportions, je présenterai les résultats extrêmes fournis par quarante-deux analyses de terres arables faites en Allemagne. Dans 100 de terre desséchée :

	Maximum.	Minimum.
Azote.....	0,590	0,005
Chlore.....	0,210	0,002
Acide sulfurique....	1,615	0,002
Acide phosphorique.	0,830	0,004
Potasse.....	3,825	0,120
Soude.....	1,400	0,038

En présence de ces nombres, on conclut immédiatement que les substances dont ils expriment la proportion, ne doivent pas être entièrement à l'état assimilable. Un sol renfermant près de 4 p. 0/0 de potasse n'est cultivable qu'à la condition que la plus grande partie de cet alcali soit engagée dans une combinaison inerte. Ainsi, une terre formée d'éléments feldspathiques, pourrait se trouver plus riche encore en potasse, et cependant être considérablement améliorée par les cendres de bois, dans lesquelles la totalité de l'alcali est disponible pour le végétal. On

appliquerait le même raisonnement à l'azote, aux sulfates, aux phosphates.

L'excès des matières minérales introduites dans les terres, sur celles exportées avec les récoltes, excès qui doit constamment se présenter quand on agit prudemment, fait qu'au bout d'un certain laps d'années ces matières, en s'accumulant dans le sol, s'ajoutent aux substances organiques. C'est alors que, même dans les localités les plus désavantageusement situées pour l'achat des engrais, on peut se livrer temporairement à la culture si épuisante des plantes industrielles et, par cela même, ramener un sol enrichi à son état normal de fertilité.

En résumant les principaux points précédemment examinés, on voit que, sous le rapport de la matière organique, les systèmes de culture qui, en empruntant le plus à l'atmosphère, laissent d'abondants résidus dans la terre, constituent les assolements les plus productifs. Par rapport à la matière inorganique, l'assolement, pour être avantageux, pour avoir un succès durable, doit être tel, que les récoltes exportées ne privent pas les fumiers de la quantité constante de substances minérales qu'ils doivent contenir. Une récolte qui enlève à la terre une proportion considérable d'un des éléments minéraux, ne saurait être reproduite plusieurs fois dans le cours d'une rotation, roulant sur une dose déterminée d'engrais, à moins que, par l'effet du temps, cet élément minéral ait été accumulé dans le terrain. Une sole de trèfle perd, par exemple, 84 kilog. d'alcali par hectare. Si le fourrage

récolté est consommé sur place, la plus grande partie de la potasse et de la soude retournera aux fumiers en passant par le bétail, et, en définitive, les terres du domaine récupéreront ces alcalis presque en totalité. Il en sera tout autrement si ce fourrage est porté au marché; et c'est peut-être à ces trop fréquentes exportations des produits de la prairie artificielle qu'il faut attribuer la nonr-éussite du trèfle qu'on remarque aujourd'hui dans des sols qui, pendant longtemps, en ont donné en abondance. Aussi a-t-on reconnu qu'un moyen de rendre à ces terres leur faculté reproductive, c'est de leur appliquer des amendements alcalins. Si, dans cette circonstance, le carbonate de soude agissait aussi favorablement que le carbonate de potasse, ou les cendres de bois, ce sel de soude, malgré sa valeur commerciale, recevrait probablement une utile application. Cet essai mérite d'être tenté.

Les amendements calcaires favorisent naturellement le développement des plantes dans la constitution desquelles il entre des sels de chaux; mais à ce sujet il y a une distinction capitale à établir. Un sol pourrait renfermer dans sa composition 15 à 20 p. 100 de chaux, sans que pour cela il pût se passer d'un amendement calcaire; il suffirait que cette chaux s'y trouvât sous tout autre état que sous celui de carbonate, comme elle peut exister, par exemple, dans les débris de pyroxène, de mica, de serpentine, etc. Un semblable terrain, bien que contenant une proportion de chaux très-élevée, exigerait néanmoins du plâtre pour la prairie artificielle, du calcaire pour les

froments et les avoines. Ainsi, ce n'est pas assez qu'une terre compte la chaux au nombre de ses éléments pour qu'on soit dispensé de la plâtrer ou de la chauler : il faut de plus que cette chaux s'y trouve à l'état de carbonate.

Le gypse porte surtout l'élément calcaire dans les plantes. C'est là du moins ce que j'ai cherché à démontrer en m'appuyant, d'une part, sur l'analyse des cendres, et de l'autre sur cette considération, que le carbonate de chaux très-divisé, tel que celui des cendres de bois, agit d'un mode tout aussi efficace sur la prairie artificielle. Enfin, je crois avoir rendu extrêmement vraisemblable que, dans nombre de circonstances, le calcaire introduit dans le sol est moins utile par la chaux qu'il apporte à la récolte, que par l'action particulière qu'il exerce sur les sels ammoniacaux fixes des engrais, en les transformant successivement, lentement, et pour ainsi dire à proportion des besoins, en carbonate d'ammoniaque, dans les conditions les plus favorables aux plantes : la terre est seulement humectée ; elle n'est pas complétement imbibée d'eau ; elle est poreuse et reste perméable à l'air. Des observations nouvelles enseigneront probablement l'utilité de ces vapeurs ammoniacales que le calcaire développe dans l'atmosphère confinée où fonctionnent les racines. Au reste, on refuserait difficilement ce rôle au carbonate de chaux, dans le marnage ou le chaulage des terres destinées à porter des céréales, quand on connaît combien est minime la quantité de chaux absorbée

par ces cultures. J'ajouterai que si, réellement, le plâtre favorise la végétation du trèfle, de la luzerne, du sainfoin, en leur fournissant l'élément calcaire, il ne manquerait pas d'exercer une action tout aussi favorable sur le froment et sur l'avoine, si ces plantes avaient les mêmes exigences. Les expériences que j'ai rapportées prouvent qu'il n'en est rien, et les résultats de ces expériences se trouvent en quelque sorte corroborés par les données de l'analyse. Comparons, en effet, les diverses quantités de chaux empruntées au sol par le trèfle et les céréales :

			kil.
Sur un hectare, la récolte de trèfle enlève.....			76,3 de chaux.
La récolte de froment :	par le grain..	0,8	17,5
	par la paille..	16,7	
La récolte d'avoine :	par le grain..	1,6	7,0
	par la paille..	5,4	

Il semble donc que si le marnage et le chaulage des soles à céréales n'avaient d'autre but que celui d'apporter les faibles quantités de chaux nécessaires à ces cultures, la pratique ne justifierait pas l'emploi des doses énormes de carbonate calcaire qu'elle prodigue à la terre par ces opérations; il est vrai, j'ai déjà eu l'occasion de le faire remarquer, que la marne et la chaux apportent presque toujours avec elles de l'alcali et des phosphates.

De ce qui précède, il paraît résulter que dans les cas les plus fréquents, lorsqu'il s'agit de terres arables ne possédant pas une richesse propre suffisante pour dispenser de l'emploi des engrais, il ne peut pas

y avoir de culture durable sans une annexe de prairie. En un mot, et en raisonnant toujours dans la supposition où le sol ne renferme pas une suffisante dose d'éléments inorganiques, il faut qu'une partie du domaine donne des récoltes sans consommer de fumier, afin de remplacer dans les engrais les sels alcalins et terreux constamment éliminés par les cultures successives. Les terres arrosées et enrichies par les rivières sont les seules qui permettent, sans s'épuiser jamais, une exportation totale et continue de leurs récoltes. Tels sont les champs fertilisés par le limon du Nil (1), et l'on se ferait difficilement une idée des prodigieuses quantités d'acide phosphorique, de magnésie, de potasse qui ont accompagné le blé exporté de l'Égypte.

L'irrigation est, sans aucun doute, le moyen le plus efficace pour augmenter la fertilité du sol, par les fourrages qu'elle fait naître, et par les engrais, conséquence de cette production. Les plantes concentrent

(1) Un habile chimiste, M. Lassaigne, a fait dernièrement l'analyse du limon du Nil ; en voici les résultats :

Silice	42,5
Alumine	24,3
Oxyde de fer	13,6
Carbonate de chaux	3,9
Carbonate de magnésie	1,2
Magnésie	1,0
Acide ulmique et matières azotées	2,8
Eau	10,7
	100,0

les éléments, soit minéraux, soit organiques, que les eaux contiennent quelquefois en proportions tellement minimes qu'ils échappent à l'analyse la plus délicate, de même qu'elles absorbent et modifient des principes aériformes dont l'atmosphère ne contient quelquefois pas même un dix millième. C'est ainsi que les végétaux rassemblent et organisent la matière dissoute dans les eaux, disséminée dans la terre et dans l'air, afin d'en faciliter l'assimilation aux animaux.

CHAPITRE XIII.

DE LA PRAIRIE.

L'établissement d'une prairie permanente exige que le sol, bien préparé, ait une disposition qui permette à la fois l'arrivée et l'écoulement des eaux. Sans eaux disponibles pour l'irrigation, ce genre de culture manque son but principal : celui d'assurer du fourrage au domaine, malgré les éventualités fâcheuses auxquelles ne sont que trop souvent exposées les trèfles de l'assolement. Dans les climats humides, à pluies fréquentes, aux hivers peu rigoureux, sent moins la nécessité d'annexer à la culture alterne, une surface plus ou moins étendue de prairies ; mais, dans les contrées sujettes aux sécheresses, il est prudent d'assurer la nourriture du bétail de fonds, qu'il est toujours si long, si difficile et si coûteux de remplacer, quand on a été forcé de s'en défaire. Il est vrai que, dans les années favorables, cette annexation du pré à la terre arable amène un excédant de fourrage ; mais alors on peut spéculer momentanément sur l'élève ou sur l'engraissement, si l'on ne

trouve pas qu'il soit plus lucratif de porter le foin au marché.

C'est à la trop grande restriction de la prairie, qu'il faut, je crois, attribuer la lenteur qu'on remarque dans l'amélioration de la race bovine. Dans les années ordinaires, le trèfle, les plantes sarclées, apportent des quantités suffisantes d'aliments : la prairie permanente n'est plus indispensable; mais que plusieurs années sèches se succèdent, alors le fourrage devient rare, et le cultivateur ne pouvant en tirer des prairies arrosées, se voit dans l'obligation de détruire son étable.

Il est d'ailleurs des terrains dont on ne peut faire que des prairies : telles sont les pentes des montagnes, où il est difficile de labourer, ou de fixer la vigne. Au reste, dans une grande partie de l'Europe, quand il y a possibilité d'établir un bon système d'irrigation, la culture du fourrage est souvent préférée, à cause de la sécurité de ses produits et du peu de main-d'œuvre qu'elle exige.

Il y a deux sortes de prés : les prairies hautes, celles dont le terrain renferme assez d'humidité pour entretenir la croissance des herbes sans autre secours que la pluie ; et les prairies basses, recevant, à la volonté du cultivateur, des eaux fertilisantes. Les premières sont soumises, en grande partie, aux chances météorologiques de la culture arable ; elles donnent peu ou point dans les années extrêmement sèches; aussi les avantages qu'on leur reconnaît, sont-ils, au point de vue du rendement moyen, fort contestables.

Les secondes sont généralement productives, et leur rapport n'est réellement influencé que par une température plus ou moins propice.

Quand une prairie est établie, il ne faut pas cesser de veiller à sa conservation; une des conditions essentielles est que le sol soit bien égalisé, pour que les eaux n'y forment pas de flaques, ayant le double inconvénient de détruire les herbes utiles et de favoriser le développement des plantes marécageuses. Il convient, par conséquent, de faire disparaître toutes les protubérances qu'élèvent les taupes et les fourmis; il faut combler les dépressions occasionnées par le piétinement des animaux. Les pierres, les arbustes, nuisent au fauchage, protégent l'établissement des insectes, et occupent d'ailleurs le sol en pure perte; on doit les enlever. C'est au printemps que ce travail est exécuté; c'est alors qu'on extirpe les mousses. Les inégalités, quand elles ne sont pas trop fortes, sont aplanies à l'aide du rabot. Un hersage croisé est le meilleur mode à employer pour extirper les mousses, mais il faut que les dents de la herse soient bien effilées; cette opération produit, en outre, un très-bon effet en donnant de l'air au collet des racines, en agissant comme un labour très-superficiel. C'est particulièrement en automne qu'on nettoie les canaux, qu'on répare les anciennes rigoles ou qu'on en creuse de nouvelles. Les terres, les gazons, provenant de ces travaux, sont mis en état pour être épandus à la surface pendant l'hiver ou au printemps. C'est ordinairement dans la saison froide, lorsque le

sol est capable de supporter les attelages, que l'on y transporte les amendements.

Les prairies hautes, pour donner un très-fort rendement, doivent être fumées; il est convenable de leur assigner tous les trois ans 80 à 100 quintaux de fumier par hectare. Dans quelques localités on y porte en hiver du fumier long non consommé; au printemps, on étend les pailles, après qu'elles ont été lavées par les pluies, pour les utiliser une seconde fois comme litière. Le plus souvent, on se borne à terrer la prairie en automne, si la consistance du terrain le permet, avec du limon de rivière, des débris de gazon. Le terrage convient à tous les prés; il chausse les racines, remplit les vides, les fissures, en même temps qu'il introduit des matières organiques et des substances minérales. Enfin, on fume quelquefois, en étendant, dans l'arrière-saison, des fanes de pommes de terre qui s'y désagrégent et y pourrissent, ou bien encore en faisant rouir sur le gazon du chanvre ou du lin. Dans les deux cas, la matière décomposable des feuilles et des tiges améliore la terre en la pénétrant; mais c'est là un engrais bien minime, et qui, pour les prairies hautes, ne supplée que très-imparfaitement, soit à une fumure, soit à un abondant terrage.

La prairie permanente est arrosée par deux procédés distincts : par l'irrigation proprement dite, et par submersion. Dans le premier mode, l'eau est amenée dans un conduit principal longeant la partie supérieure du plan incliné que doit toujours former

le sol. De ce conduit partent des rigoles allant en se rétrécissant à mesure qu'elles s'en éloignent. La distance qui les sépare dépend du plus ou moins de perméabilité du terrain. Le long de la partie basse se trouve une tranchée pour recevoir et conduire au dehors les eaux après qu'elles ont parcouru la prairie.

Là où les eaux vives sont abondantes, on les donne d'abord pendant quelques jours; on suspend leur arrivée, puis on les fait couler dans les rigoles, et ainsi successivement jusqu'à ce que l'herbe soit en état d'être fauchée. Après la première coupe, on procède de nouveau par irrigations intermittentes, jusqu'à l'époque de la récolte du regain.

Dans les localités où le climat est plus chaud, on irrigue avec des eaux vives pendant deux mois consécutifs, à partir du commencement du printemps; on arrête l'arrosage quelque temps avant la coupe; l'eau est ensuite rendue durant trois semaines, afin de développer la seconde pousse. Après la dernière coupe, on irrigue encore jusqu'à ce que la prairie soit en herbe; dès ce moment, on cesse l'irrigation, et quand le sol est suffisamment raffermi, on le livre au pâturage. Si l'on ne dispose pas d'un grand volume d'eau, l'irrigation est continué sur la prairie prise dans son ensemble; mais, en réalité, elle est partielle, par la raison que les rigoles ne sont alimentées que successivement. En principe, toute irrigation, pour être profitable, doit être intermittente: le séjour trop prolongé de l'eau, même animée d'une

certaine vitesse, détermine la croissance des plantes aquatiques, qu'il importe par-dessus tout d'empêcher.

L'eau doit couler avec lenteur ; autrement, loin de laisser déposer les particules de matières qu'elle tient en suspension, elle déchausse les plantes en entraînant la terre végétale. De là, la nécessité de ne donner qu'une très-faible inclinaison aux rigoles.

Au printemps, lorsqu'on redoute des gelées nocturnes, on se borne à irriguer pendant le jour seulement ; dans la même saison, quand il souffle un vent violent du nord, il est prudent de suspendre l'irrigation, l'évaporation pouvant, dans cette circonstance, causer un trop grand refroidissement. Ces préceptes sont d'ailleurs subordonnés à la nature du climat.

L'irrigation par inondation n'est praticable que dans le voisinage d'une rivière, et dans des situations telles qu'elles permettent de faire affluer à volonté les eaux sur des prairies parfaitement nivelées. Ces inondations, que l'on fait naître momentanément par un barrage, s'exécutent, dans nos climats, à la fin de l'automne. Il est rare qu'on les fasse durer plus de quinze jours. Après avoir mis à sec pendant huit ou dix jours, on inonde de nouveau, et ainsi alternativement jusqu'au printemps ; alors, les submersions deviennent moins fréquentes et surtout moins prolongées ; elles ne durent plus que pendant cinq à six jours. Lorsque l'herbe a acquis une certaine vigueur, on cesse d'irriguer jusqu'après l'enlèvement du foin ; ensuite, on remet l'eau pour développer le regain.

Il y a des contrées où la prairie est mise à sec dès

le commencement de l'hiver; dans d'autres, au contraire, on laisse séjourner l'eau le plus longtemps possible pendant les mois les plus rigoureux, afin d'abriter la terre contre le froid : l'adoption de l'une ou l'autre de ces deux méthodes dépend probablement de l'épaisseur de la couche d'eau dont on dispose. Si cette couche n'a qu'une faible profondeur, l'eau gèle jusqu'au sol, et la gelée nuit alors aux plantes ; mais si l'eau est suffisamment profonde, elle ne gèlera qu'à la surface. On sait que, pour une certaine épaisseur, l'eau d'une mare conserve, dans ses couches les plus basses, une température supérieure au point de congélation, et, dans ce cas, elle forme, à l'égard de l'herbe qu'elle recouvre, un véritable écran ; et si ce n'était la nécessité de l'air pour l'entretien de la vie végétale, l'inondation devrait être maintenue pendant toute la durée de l'hiver. Ainsi, ce système d'irrigation remplit trois objets à la fois : en garantissant l'herbage contre les froids excessifs, en abreuvant le sol pour l'époque des chaleurs de l'été, en l'amendant à la faveur du limon.

Ce qui est produit par l'art, est fréquemment l'effet de causes naturelles. Des pays d'une immense étendue sont fertilisés par des inondations périodiques, sans lesquelles la terre resterait frappée d'une stérilité absolue. Telle est l'Égypte, fertilisée par les crues régulières du Nil ; tels sont les steppes, les llanos, les pampas de l'Amérique méridionale, que l'on doit considérer comme les plus grands pâturages qui soient à la surface du globe.

Les *llanos* de l'Orénoque, du Casanare et de l'Apure, sont des plaines immenses appartenant au bassin hydrographique de l'Orénoque, dont la superficie est évaluée à près de dix mille myriamètres carrés. L'égalité apparente de leur sol, l'horizon sans bornes que l'on y découvre, leur donne l'aspect de l'Océan. On s'en formerait néanmoins une idée peu exacte, si on les considérait comme une plaine ayant partout le même niveau. Ils ont des plateaux d'une faible élévation à la vérité, mais d'une étendue souvent considérable : ce sont les *mesas* ; ces inégalités peu apparentes, ayant au plus 150 mètres de hauteur, remplissent cependant un rôle important dans l'aménagement des eaux. Ces protubérances, toutes faibles qu'elles sont, donnent aux *llanos* toute leur importance, en en faisant un refuge pour les êtres vivants, aux époques périodiques de l'inondation, et en conservant les eaux pour la saison des sécheresses. Les *mesas* sont formées d'un sable disposé en strates horizontales reposant sur le grès dur et imperméable des plaines. Ce sont comme autant de lambeaux, de restes d'une alluvion, qui, à une époque ancienne, aurait couvert la totalité du sol. Ces amas de gravier, par leur nature poreuse, s'imbibent d'eau durant la saison des pluies; et, quand les rivières débordées rentrent dans leurs lits, lorsque cesse l'inondation, ils laissent échapper, avec lenteur, les eaux qui s'y trouvent accumulées, en même temps qu'elles y sont préservées des effets de l'évaporation. Ces *mesas* deviennent de véritables sources; de l'une

d'elles, la *mesa de Guanipa*, il ne sort pas moins de quarante rivières qui se rendent à l'Orénoque, au golfe de Paria, ou, directement à la mer. En suivant avec attention un faible ruisseau ayant pour origine un terrain marécageux ombragé de quelques palmiers, on reconnaît que le sol sablonneux sur lequel il s'écoule, lui fournit constamment de nombreux filets d'une eau argileuse. On s'attendait d'abord à le voir disparaître, soit par l'évaporation favorisée par une température de 28 à 32 degrés, soit absorbé par le sable : il en est tout différemment ; son volume augmente avec rapidité, et cela, à ce point, qu'il devient navigable à 10 ou 12 lieues de sa source.

C'est peut-être à la constitution géologique des mesas, qu'une grande étendue de terrain doit sa fertilité. Les *llanos* sont peuplés ; on y rencontre des villes et de nombreux villages : le *llanero* passe sa vie à dompter les chevaux, à soigner le bétail.

L'inondation du bas pays de l'Orénoque est toujours la conséquence des grandes crues hivernales ; bientôt les savanes se changent en autant de lacs ; sur plusieurs points, la terre est recouverte de un à deux mètres d'eau ; les communications entre les mesas, où hommes et animaux sont réfugiés, deviennent des plus difficiles, et, pour aller d'une habitation à une autre, il faut le plus souvent recourir à des embarcations. Les llaneros les plus expérimentés se hasardent seuls à parcourir à cheval ces terrains inondés ; car, pour entreprendre une telle traversée, il faut, comme eux, joindre à l'habileté du

cavalier, la prudence du pilote. Lorsque les eaux sont retirées, quand on n'aperçoit plus dans les llanos que le ciel et le gazon, des hommes presque nus, armés d'une lance et munis d'une longue courroie (*lazo*), toujours à cheval, parcourent les savanes pour inspecter les chevaux, le bétail, errants dans ces pâturages ; ils ramènent les animaux trop éloignés de la ferme, et les marquent d'un fer chaud au chiffre du propriétaire.

Le pâturage, ranimé par suite de l'inondation, est principalement formé de graminées atteignant, dans les parties les plus distantes des rivières, 25 à 30 centimètres de hauteur ; mais dans la proximité de l'*Apure*, du *Casanave*, elles s'élèvent jusqu'à un mètre. Aux graminées sont réunies des malvacées et une variété de sensitive que l'on considère comme le meilleur fourrage des llanos.

Dans l'irrigation par submersion périodique, on s'aperçoit de l'effet nuisible de la stagnation trop prolongée à une écume blanchâtre dont l'eau est recouverte ; c'est un signe évident de la putréfaction de la matière organique.

La nature des substances dissoutes ou tenues en suspension exerce de l'influence sur les effets de l'irrigation ; la température des eaux hâte la croissance de l'herbe, et c'est pour cette raison que les sources sont souvent utilisées avec succès.

Une question fort importante, est celle de savoir quelle est la quantité d'eau nécessaire à l'irrigation d'une surface donnée de terrain. Pour parvenir à

cette appréciation, il faut considérer qu'une prairie haute, dans nos contrées, donne un produit satisfaisant, seulement dans les années suffisamment humides. Par exemple, en 1816, M. Herrenschneider a mesuré, à Strasbourg, 793 millimètres de pluies et de neige fondue répartis en 162 jours ; soit, par jour, 2,2 millim., et par surface d'hectare, 22 mètres cubes d'eau.

Durant la saison chaude de la même année, du 1er avril au 31 août, il est tombé 433 millimètres de pluies; soit, par jour 2,8 millim., et par hectare, 28 mètres cubes. La récolte de foin a été bonne.

L'année 1818 a été extrêmement sèche : les foins ont manqué généralement; il n'y a eu que 553 millimètres de pluies répartis en 129 jours; soit, par jour, 1,5 millim., et par hectare, 15 mètres cubes.

Dans la saison chaude de 1818, du 1er avril au 31 août, il est tombé 228 millimètres de pluie; ou, par jour 1,5 millim., par hectare 15 mètres cubes, la moyenne du printemps et de l'été se confondant avec la moyenne annuelle.

On pourrait croire, d'après ces nombres, qu'il suffirait d'assurer à un hectare de prairie 28 à 30 mètres cubes d'eau par jour pour en obtenir un bon résultat: il n'en n'est rien cependant; et ce volume qui active puissamment la végétation, quand il provient de la pluie, serait insuffisant, s'il était déversé à la surface d'une prairie.

En Allemagne, on considère comme irrigation favorable, quand, tous les huit jours. on peut recouvrir

un pré d'une couche d'eau de 21 centimètres d'épaisseur. C'est par surface d'hectare 2100 mètres cubes, ou 2625 mètres cubes par hectare, pour vingt-quatre heures. Néanmoins, quand on ne dispose que de la moitié de ce volume, on doit encore entreprendre des travaux d'arrosement. Avec moins d'eau, l'opération devient si peu satisfaisante, qu'il est prudent de réduire la surface à irriguer. Ainsi, quand on donne à un hectare de pré, par jour, 262 mètres cubes d'eau, l'irrigation est envisagée comme bonne; 131 mètres cubes procurent une irrigation moyenne; elle est imparfaite avec 66 mètres cubes. Cependant, on obtient déjà une amélioration très-sensible dans le rendement, avec des irrigations même exiguës. Ainsi la *Winkelbach*, tout en ne débitant que 0,484 mètres cubes par seconde, irrigue cependant avec profit 425 hectares de prés; 25 hectares sont immergés pendant 20 heures tous les quatorze jours : c'est 98 mètres cubes par hectare et par vingt-quatre heures.

Ces quantités (1) paraîtront sans doute exagérées aux personnes dont l'attention n'a pas été dirigée sur ces questions. Une circonstance particulière m'a permis de jauger très-exactement l'eau employée à l'arrosement. Pour utiliser l'épuisement d'une mine, nous avons établi une prairie près d'un puits d'extraction, d'où, chaque jour, on extrait 96,6 mètres cubes d'eau. Cette quantité suffit à peine pour irri-

(1) Zeller, *Économie* Ratt, sur la loi d'irrigation.

guer convenablement une surface de terrain de 1h.15; et, dans les grandes sécheresses de l'été de 1846, la totalité de l'eau a été absorbée par le sol, bien qu'il repose sur un fond d'argile.

Comme résultat moyen, on estime, en Allemagne, que 25 à 30 jours d'irrigations faites en temps opportun, avec 5 mètres de hauteur d'eau, suffisent pour la prairie. C'est, en somme, par hectare 50 mille mètres cubes; et, pour chaque jour d'irrigation, un débit de 1818 mètres cubes; ou bien 137 mètres cubes par jour, en supposant l'arrosement réparti dans tout le cours de l'année.

Dans les Vosges, où l'on irrigue abondamment, l'hectare de pré reçoit, les jours d'arrosement, une hauteur de 45 centimètres; il faut, par conséquent, disposer, par an, de 90 mille mètres cubes d'eau pour un hectare, en admettant 20 arrosements; en moyenne annuelle, l'hectare de prairie en recevrait par jour 246 mètres cubes.

Après avoir discuté un assez grand nombre de renseignements, M. Puvis croit qu'une couche d'eau de 20 centimètres de profondeur et 25 à 30 jours d'arrosage avec cette quantité procureraient des résultats avantageux. Ce serait par hectare, par chaque irrigation, 2 mille mètres cubes ou 55 mille mètres cubes par année, soit en moyenne, par jour, environ 150 mètres cubes; mais M. Puvis ajoute, avec raison, qu'on pourrait doubler cette quantité sans aucun inconvénient.

Un fait curieux, c'est qu'en Égypte on emploie

beaucoup moins d'eau qu'en Europe pour l'irrigation. M. Linan, ingénieur au service du pacha, évalue à 29 mètres cubes l'eau donnée par jour à 1 hectare des terres du Delta. On pourrait, il est vrai, se demander d'abord si ce régime est suffisant; il faut remarquer, en outre, qu'il s'agit surtout, en Égypte, de conserver l'humidité introduite dans le sol lors de l'inondation du Nil. Enfin, il est certain que les terres arables exigent moins d'eau que les prairies.

La submersion, quand elle a pour objet la fertilisation et même la création du sol, est nommée *warping* par les agriculteurs anglais. On la pratique près l'embouchure des fleuves, là où l'eau, ralentie dans sa course et exhaussée par le flux de la mer, peut submerger les terres riveraines, qu'elle laisse ensuite recouvertes d'un abondant dépôt limoneux. On établit d'abord une digue parallèle au fleuve, dont la hauteur et la solidité sont déterminées par l'élévation qu'atteint l'eau refoulée par les grandes marées. Deux portes d'écluses, l'une d'admission (*floodgate*), l'autre de décharge (*clough*), suffisent pour *limoner* quatre à cinq hectares. Lors des hautes marées, la porte d'admission, en s'ouvrant de dehors en dedans, laisse pénétrer l'eau; tandis que la porte de décharge, tournant sur ses gonds de l'intérieur à l'extérieur, est maintenue fermée par la pression même qui fait pénétrer la masse liquide. Cet état de choses persiste tant que monte la marée; aussitôt qu'elle commence à baisser, la pression s'exerce en sens contraire : elle ouvre la porte de décharge, en même temps qu'elle ferme la porte d'admission.

L'eau s'écoule de l'enceinte inondée beaucoup plus lentement qu'elle n'y est entrée, les sections des écluses étant calculées en conséquence. L'envahissement et l'écoulement se réalisent dans l'intervalle des deux hautes marées.

Durant son court séjour, l'eau dépose sur le sol qu'elle a envahi un sédiment, *warp*, s'élevant dans quelques localités jusqu'à deux centimètres et demi d'épaisseur. Par le *warping*, des sables improductifs deviennent fertiles à ce point, qu'on les a cultivés sans autre engrais pendant dix à douze ans; et, par suite d'opérations de ce genre, on a vu la couche de limon atteindre plusieurs décimètres de puissance. Aussi la nature du sol sur lequel l'atterrissement est déposé est absolument indifférente. Il est arrivé que dans le cours d'un seul été les eaux, successivement amenées et expulsées, ont laissé un sédiment de 15 à 40 centimètres. Lord Hawke recommande de cultiver, pendant cinq ou six ans, la terre limonée avant de la mettre en prairie (1). Le warping, qu'on peut pratiquer sur le littoral de tous les cours d'eaux limoneuses, n'est pas sans analogie avec certaines opérations du laboratoire, puisqu'il consiste à introduire l'eau, et à la décanter quand elle a laissé déposer les matières fertilisantes qu'elle tenait en suspension. On exprime d'ailleurs l'importance du limonage, en disant qu'il peut à la fois créer le sol, l'assainir et le féconder. La partie cultivable de la basse Égypte est

(1) Tatham, *Traité d'irrigation*.

formée par le limon que les eaux ont enlevé aux montagnes de l'Abyssinie. On a supposé qu'en trente siècles, les fertiles atterrissements du Delta du Nil se sont exhaussés de 6 mètres.

La récolte du foin se fait ordinairement en France vers le mois de juin. Un faucheur coupe dans sa journée une surface de prairie de 30 à 35 ares. Le soir, l'herbe est disposée en petits tas pour la garantir du serein et l'abriter contre les averses. Le lendemain, quand la rosée est dissipée on l'étend au soleil ; le jour suivant, après l'avoir étendu on le retourne une ou deux fois à l'orquette, le matin et dans l'après-midi, et l'on continue ainsi jusqu'à ce que la dessiccation soit achevée ; on rentre ou on met en meule. En général, on ne doit faucher à la fois que la quantité d'herbe que l'on présume pouvoir rentrer en deux ou trois jours. Le regain, coupé dans notre climat vers la fin d'août, exige beaucoup de soins pour sa fenaison, parce qu'elle a lieu le plus souvent dans des conditions défavorables à la dessiccation. On admet qu'une prairie donne en regain la moitié de ce qu'elle rend en foin. Le fanage est ordinairement exécuté par des femmes ; dans une journée de travail, elles sèchent 6 à 800 kil. de foin.

Le rendement moyen des prairies irriguées bien entretenues, dans l'est de la France, est estimé à 3500 kil. de foin et à 1500 kil. de regain. Le produit des prairies hautes est tellement éventuel qu'il est difficile de l'indiquer avec quelque exactitude ; il n'est

véritablement bon que lorsque les pluies ont été suffisantes et surtout bien réparties.

Depuis quelques années nos prairies de toutes qualités ont rendu par hectare :

	Foin et regain.
En 1843.....	5114 kilogr.
En 1844.....	3944
En 1845.....	4730
En 1846.....	3592
Moyenne.	4345

On conserve les foins soit en greniers, soit en meules. Lorsque, comme cela arrive le plus ordinairement, les greniers se trouvent au-dessus des étables, il est bon que les planchers soient faits avec soin, afin de ne pas laisser pénétrer les vapeurs, dont l'effet est de favoriser le développement des moisissures.

Le foin se conserve bien dans les meules soigneusement établies. Je trouve dans nos comptes que, pour la main-d'œuvre du montage y compris celle d'un abri en chaume, on a dépensé 144 fr. pour douze meules cubant ensemble 1813 mètres cubes de fourrage. La perte en foin avarié a été de 26 quintaux, à 5 fr. 125 fr., dont il faut déduire la valeur comme litière à raison de 2 fr. 50 le quintal.

La perte réelle se réduit à.....	62 fr. 50 c.
Soit l'intérêt de la façon.....	7 » 20 »
On a.....	69 fr. 70 c.

pour les frais de loyer de 1813 mètres cubes de foin, ou environ 4 centimes par mètre cube. Les meules à

toits mobiles, dites meules hollandaises, offrent un avantage sur les meules ordinaires consistant en ce que l'on n'a pas besoin d'enlever à la fois le foin qu'elles abritent ; mais ces meules exigent des frais d'établissement assez considérables.

Toute terre arable abandonnée à elle-même finit par se couvrir d'herbe, et avec le temps elle deviendrait une véritable prairie permanente; mais cette transformation serait très-lente, et, dans les premières années, les produits qu'on en retirerait, fort inférieurs en quantité et en qualité. Aussi aide-t-on toujours à la formation de la prairie.

Quand les mauvaises plantes, les mousses, envahissent un pré, le mieux est de le retourner et de le cultiver à la charrue pendant quelques années durant lesquelles on doit faire surtout de fréquentes cultures sarclées. Les détritus de végétaux, l'humus contenu dans le sol, suffisent d'abord pour assurer une ou deux récoltes.

C'est sur le sol bien nettoyé et convenablement fumé que l'on sème les graines destinées à régénérer le pré. Le choix de ces graines, leur mélange en diverses proportions, ne sont pas choses indifférentes. Souvent on sème des balayures de greniers à foin ; mais quelquefois aussi on juge plus avantageux de se procurer de bonnes espèces de semences.

Parmi les plantes les plus convenables, on cite le *lolium perenne*, le *lotus corniculatus*, la *spergula arvensis*, l'*hoscus lanatus* ; plusieurs espèces de trèfles, le raygrass, la fromentale, etc. Quelques soins qu'on

donne d'abord, le rendement, dans les deux ou trois premières années, est assez faible; il faut du temps pour que la terre puisse être bien engazonnée. On doit veiller à ce qu'il ne reste pas de places non couvertes; on gratte avec le râteau, et l'on sème sur ces places dénudées. Enfin, il est bon, dans le commencement, d'épandre chaque année une certaine quantité de balayure des greniers à foin sur la nouvelle prairie.

Digitized by Google

CHAPITRE XIV.

DE L'ALIMENTATION DES ANIMAUX ANNEXÉS A LA FERME.

Constitution chimique. — Valeur et équivalents des substances nutritives. — Expériences sur l'alimentation. — Matières minérales contenues dans les aliments.

On reconnaît généralement aujourd'hui que le régime alimentaire des animaux doit toujours être azoté; et cette circonstance a fait admettre que les herbivores puisent dans leur nourriture l'azote qui entre dans leur constitution.

Dans un des cas les plus ordinaires, l'individu, tout en consommant des aliments, n'augmente pas son poids moyen. C'est ce qui arrive toutes les fois qu'un animal adulte est soumis à la ration d'entretien. On a constaté, par exemple, qu'un homme nourri avec une grande régularité revient à un poids normal, à certaines époques de chaque jour. Les agriculteurs savent très-bien qu'à l'aide d'une proportion de nourriture justement calculée, on donne à un cheval les forces nécessaires pour accomplir le

travail que l'on exige, en évitant ainsi, que l'animal augmente en chair.

Dans de semblables conditions, la matière élémentaire contenue dans les aliments consommés doit se retrouver en totalité dans les déjections, les sécrétions et les produits des organes respiratoires. Ainsi, dans cette conjoncture, aucun des éléments n'est assimilé, si l'on entend par assimilation l'addition des principes introduits par la nourriture, aux principes déjà existants dans le système. Mais il y a évidemment assimilation, en ce sens que la matière élémentaire des aliments se fixe dans l'organisme, en s'y modifiant, pour remplacer, pour se substituer à celle que les forces vitales expulsent journellement.

Durant l'alimentation d'un animal jeune, ou bien encore lors de l'engrais du bétail, les choses se passent différemment; ici il y a, à n'en pas douter, fixation définitive d'une partie de la matière comprise dans la nourriture, puisque les individus augmentent rapidement en poids et en volume.

En envisageant la question de l'alimentation dans sa plus grande généralité, j'admets donc qu'un animel adulte, soumis à la ration d'entretien, rend, dans les différents produits résultant de l'action vitale, une quantité de matière précisément égale et semblable à celle qu'il perçoit par les aliments (1). Ainsi, dans les déjections, les sécrétions, dans les gaz et les

(1) Boussingault, *Annales de Chimie*, 2e série, t. LXXI, p. 113.

vapeurs émis journellement par un être vivant, il y a du carbone, de l'azote, de l'hydrogène, de l'oxygène, du phosphore, du soufre, du chlore, du calcium, du magnésium, du sodium, du potassium, du fer, etc., principes qui, sans exception aucune, se rencontrent également dans la nourriture. Un individu qui recevrait pendant un temps suffisamment prolongé un régime alimentaire dans lequel un ou plusieurs de ces principes seraient exclus, finirait par éprouver de graves désordres dans sa constitution. Le fer, par exemple, est un élément constant de la matière colorante du sang; on le retrouve en proportion très- forte dans le système pileux; il est donc à peu près certain qu'un homme, s'il prenait une nourriture totalement privée de ce métal, ne tarderait pas à éprouver une altération manifeste dans sa santé.

Les fonctions physiologiques d'un être vivant, telles que la respiration, les sécrétions, les excrétions, ne continuent à s'exercer qu'autant qu'il y a ingestion de nourriture à des intervalles assez rapprochés. Ces fonctions, il est vrai, ne cessent pas immédiatement après la suppression de l'aliment; la diète la plus rigoureuse peut être prolongée pendant un certain nombre de jours; mais alors le poids du corps diminue rapidement, la graisse disparaît d'abord, le système musculaire s'amoindrit, les sécrétions deviennent moins abondantes, la respiration moins ample; l'animal tombe bientôt dans un état de torpeur : ses forces l'abandonnent, il se refroidit

graduellement, jusqu'au moment où il meurt d'inanition.

L'expérience montre avec quelle rapidité et quelle régularité le poids de l'organisme décroît, quand un animal est mis à une diète rigoureuse.

Une tourterelle qui consommait, toutes les vingt-quatre heures, 15 grammes de millet, a éprouvé les pertes suivantes quand, pour toute nourriture, on ne lui laissa que de l'eau à discrétion.

Dates	Poids gr.	Perte en 24 heures. gr.
Février 15	186.8	
		8,5
17	170,7	
		7,2
18	163,5	
		7,4
19	156,1	
		7,5
20	148,6	
		8,1
21	140,5	
		7,5
22	133,0	

Ainsi, en sept jours de diète, la perte a été de 29 pour 100 du poids initial. Cet oiseau, au début de l'expérience, était gras et plein de vigueur ; il aurait sans doute encore supporté plusieurs jours d'abstinence, quoique déjà il eût maigri considérablement.

La rapidité avec laquelle l'animal augmenta de poids, quand on lui eut donné du millet à discrétion, est remarquable :

Dates	Poids gr.	Millet consommé gr.	Augmentation de poids en 24 heures.
Février 22	133,0		
		20	16,8
23	149,0		
		20	19,8
24	168,8		
		65	perte 0,8
27	166,3		
		60	1,0
29	168,3		

L'augmentation a été très-forte dans les deux premiers jours; ensuite il y a eu un temps d'arrêt. Après sept jours d'un régime abondant, la tourterelle avait retrouvé toute sa vivacité, sans avoir récupéré, à beaucoup près, ce qu'elle avait perdu; elle s'est remise en chair, mais la graisse, éliminée pendant l'inanition n'a pas reparu. La nourriture étant la source à laquelle les êtres vivants puisent la matière de leur organisation, les herbivores doivent nécessairement trouver, dans les végétaux qu'ils consomment, les éléments qu'ils assimilent.

En effet, la constitution matérielle des êtres animés se rapproche souvent jusqu'à se confondre avec celle des végétaux; bon nombre de composés organiques des deux règnes offrent la plus grande analogie; il arrive même qu'il y a identité. Certains corps gras, d'origine animale, ne diffèrent aucunement des graisses végétales; l'acide margarique de la graisse de porc, a exactement la composition de l'acide margarique de l'huile d'olive.

Cette analogie se maintient pour les principes azotés quaternaires, comme on peut s'en convaincre

en examinant les résultats analytiques obtenus par MM. Dumas et Cahours.

	FIBRINE		ALBUMINE		CASÉINE	
	animale.	végétale.	animale.	végétale.	animale.	végétale.
Carbone...	52,8	53,2	53.5	53,7	53,5	53,5
Hydrogène.	7,0	7,0	7,1	7,1	7,0	7,1
Oxygène...	23,7	23,3	23,6	23,5	23,7	23,4
Azote.....	16,5	16,5	15,8	15,7	15,8	16,0
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Cette identité de constitution et de propriétés conduit naturellement à penser que les animaux ne créent point toutes les substances qui concourent à leur organisation ; mais qu'ils en trouvent de toutes formées dans les aliments. D'où il faut conclure que les herbivores assimilent directement plusieurs principes immédiats des végétaux, en ne leur faisant subir que de légères modifications; et que les éléments de leurs tissus, de leurs fluides, préexistent dans les plantes où se rencontrent en outre les phosphates terreux, base de l'appareil osseux (1).

La nourriture des herbivores doit donc toujours renfermer, et renferme en effet constamment quatre principes essentiels dont la réunion constitue l'aliment normal, à savoir : 1° Une matière azotée comme l'albumine, la caséine, le gluten ; c'est là

(1) Dumas et Boussingault, *Statique des êtres organisés.*

certainement l'origine de la viande; 2° une matière grasse; 3° une matière à composition ternaire, du sucre, de la gomme, de la fécule: 4° des sels, particulièrement des phosphates de chaux, de magnésie, de fer, des sels alcalins. Cette composition mixte, que doit nécessairement offrir une plante fourragère, justifie les idées générales émises par le docteur Prout sur l'alimentation. Cet habile chimiste établit que le lait est l'aliment normal, et que tout régime alimentaire doit participer plus ou moins de sa constitution; c'est-à-dire qu'indépendamment des phosphates, l'aliment doit réunir une substance azotée, un principe non azoté, un corps gras, pour équivaloir au caséum, au sucre, au beurre du lait.

Ce principe fondamental, *que les animaux trouvent leur propre substance dans les aliments dont ils se nourrissent*, peut éclairer le praticien dans l'alimentation des herbivores; car si la viande, la graisse, les os, existent à peu près tout formés dans les fourrages, il est bien évident que les plus convenable sont précisément ceux qui, sous le même poids, contiennent le plus de ces divers matériaux de l'organisation.

Le dosage exact des matières azotées, telles que le gluten et l'albumine dans les plantes, n'est pas exempt de difficultés; il exige beaucoup de temps et de soins. Mais une fois admis que la valeur nutritive des fourrages croît avec la proportion de ces matières, il est clair que cela revient à dire que cette valeur est proportionnelle à la quantité d'azote con-

tenue dans les aliments. La détermination de l'azote s'exécute d'un mode assez expéditif, et j'ai la conviction que tout chimiste exercé à ce genre de recherche préfèrera doser directement ce principe dans un fourrage, à entreprendre une suite de manipulations fastidieuses pour évaluer l'albumine et le gluten.

La proportion d'azote une fois connue, il devient facile de calculer la quantité d'albumine, *de viande*, renfermée dans l'aliment; car, dans le cas le plus général, la nourriture végétale ne contient pas d'autre principe azoté. Il est très-vrai que toutes les matières azotées d'origine végétale ne doivent pas être considérées comme nutritives; il en est même qui sont des poisons violents ou des médicaments énergiques; mais ces substances vénéneuses ne se rencontrent pas en quantité appréciable dans les plantes alimentaires; et dès qu'une matière végétale *est acceptée* comme nourriture par les animaux, on peut en conclure qu'elle ne renferme aucun principe nuisible.

Toutes les plantes alimentaires examinées jusqu'à présent, présentent effectivement, dans leur composition, une certaine quantité de principes azotés. On sait, par les recherches de M. Magendie, que les aliments exempts d'azote sont insuffisants pour entretenir la vie. L'expérience montre que les animaux soumis à ce régime perdent leur embonpoint, et finissent par mourir. D'un autre côté, il est reconnu que la qualité d'une farine augmente avec le gluten qui y est contenu. C'est parce que les légumineux, comme les haricots, les pois, les fèves, sont plus

riches en principes azotés, en *viande*, que les céréales, qu'ils sont aussi bien autrement nourrissants.

Par toutes ces considérations, j'ai admis que la propriété alimentaire des végétaux réside surtout dans les matières azotées, et que, par conséquent, *leur faculté nutritive est proportionnelle a la quantité d'azote qui entre dans leur composition*. Par ce qui précède, on a pu remarquer que néanmoins je suis loin de croire que les matières azotées sont seules suffisantes pour réaliser l'alimentation; mais il est de fait qu'un aliment végétal fortement azoté est généralement accompagné des autres éléments organiques et inorganiques, utiles ou indispensables à la nutrition.

En dosant l'azote d'un assez grand nombre de fourrages, j'ai eu particulièrement en vue de rechercher une base propre à faire apprécier comparativement leur faculté nutritive. Depuis longtemps, les agronomes les plus distingués de l'Allemagne et de l'Angleterre ont essayé de résoudre cette importante question d'économie rurale. C'est dans ce but que Thaer et plusieurs observateurs ont donné, comme résultat de leur expérience, des nombres qui expriment les rapports en poids, suivant lesquels les différentes espèces de fourrages peuvent être substituées l'une à l'autre. Ces nombres sont de véritables équivalents; ils indiquent, par exemple, que telle quantité de foin ou de racines peut être remplacée par telle autre de feuilles ou de grains pour nourrir également un bœuf à l'engrais, ou un cheval de labour. Toutefois, en examinant les équivalents nu-

tritifs donnés par divers cultivateurs, on remarque, pour la même substance, des différences assez fortes. Il n'en pouvait être autrement : d'abord, il est à peu près impossible que les observations dont on a déduit ces équivalents aient été faites dans des conditions exectement semblables. La nature du sol, une saison humide, le climat sont autant de causes influentes sur la quantité d'eau contenue dans les végétaux, et, partant, sur leur propriété nutritive. On obtiendrait certainement des résultats beaucoup moins divergents, si l'on déterminait préalablement l'humidité renfermée dans les substances alimentaires dont on discute la vertu nutritive; en un mot, si l'équivalent était rapporté à la nourriture sèche. Les équivalents nutritifs qui se déduisent de la vue théorique que j'ai exposée, sont souvent fort approchés de ceux donnés par l'observation directe.

Le foin est le fourrage le plus généralement employé; c'est en quelque sorte l'aliment normal des animaux attachés à une exploitation rurale : c'est pour cette raison qu'on lui compare, sous le rapport nutritif, les autres nourritures végétales. On doit cependant remarquer que la qualité du foin est sujette à de bien grandes variations; mais quand on choisit ce fourrage pour base d'une table d'équivalents, on prend du foin de prairie de bonne qualité. Au reste, comme la détermination de sa valeur nutritive est un point très-important, j'indiquerai la manière de procéder pour obtenir des échantillons représentant autant que possible les masses d'où on les a tirés. Ces

précautions à prendre pour *lotir* le foin destiné aux essais, s'appliqueraient d'ailleurs à tous les fourrages. Le foin se compose de trois parties distinctes, ayant chacune un pouvoir nutritif extrêmement différent : il importe donc que, dans l'échantillon prélevé pour servir à la détermination de l'azote, chaque partie soit représentée et s'y trouve dans le même rapport où elle existe dans la masse. On distingue dans le foin : 1° les tiges ligneuses; 2° les brins ou tiges auxquelles adhèrent ou adhéraient les feuilles; 3° les feuilles, les fleurs et les graines.

On prend environ un kilog. du foin à examiner; on fait le triage des parties que je viens de signaler, on les pèse séparément. Exemple : d'un échantillon de foin de prairie récolté en 1841, j'ai retiré :

	kil.		gr.
Tiges ligneuses.....	1,090	pris pour l'analyse	0,384
Brins ou tiges très-fines.	0,385		0,135
Fleurs, feuilles et quelques grains.....	0,800		0,281
		Mélange analysé....	0,800

Un moyen d'avoir un échantillon *fidèle* d'un fourrage, c'est d'en faire couper très-menu, au hache-paille, 100 kilogr. et de prendre ensuite après l'avoir intimement mêlé, 1 kil. de matière.

Des analyses faites sur des foins, provenant d'années différentes et de localités diverses, ont donné pour 100 parties :

TABLEAU.

	AZOTE.	HUMIDITÉ.	CENDRES.	REMARQUES.
Alsace, récolte de 1835.	1,04	11,0	»	
—— 1837.	1,15	12,0	»	
—— 1841.	1,19	13,5	»	
Envir. de Paris. 1841.	1,21	10,0	»	
Alsace. 1844.	1,13	13,6	6,2	Pré de Kutzenhausen, non irrigué.
— —	1,30	15,6	7,2	— Dürrenbach, irrigué.
— —	1,06	14.0	8,9	— Surbourg, inondé.
— —	1,40	13,6	8,9	— Lembach, irrigué.
— —	1,07	13,0	7,6	— Hoffmatt, irrigué.
— —	1,00	12,0	»	— Daubloch, non irrigué.
— —	1,11	14,0	6,6	— Lampertsloch, irrigué.
MOYENNE....	1,15	13,0	7,6	
Regain, récolte de 1844.	1,77	12,3	»	
—— 1844.	2,16	14,3	7,7	Pré de Dürrenbach, irrigué.
—— 1838.	2,02	15,8	8,4	
MOYENNE....	1,98	14,1	8,0	

Puisque l'albumine, que je confonds ici avec le gluten, la caseine et la légumine, contient 16 d'azote pour 100, il en résulte que la matière animalisée, la viande du foin, est représentée, à l'état sec, par 7, 2. Dans 100 kil. de regain, il y aurait 12. 4 de *viande sèche*.

On voit, d'après l'analyse, que le regain serait plus nutritif que le foin ; c'est ce que j'ai maintefois constaté ; mais on croit, je ne sais pour quel motif, qu'il convient moins à la nourriture des chevaux. La cause en est peut-être dans ce que, rentré le plus souvent par un temps humide, il s'altère facilement dans le fenil.

L'importance d'une table des équivalents des fourrages est sentie par tous les agriculteurs; et l'on doit savoir gré aux praticiens des efforts qu'ils ont faits pour arriver à la connaissance de la valeur relative des aliments végétaux. L'usage des tables d'équivalents est très-simple : les nombres placés à la suite de la valeur du foin indiquent les quantités des fourrages désignés qui peuvent remplacer 100 parties de foin. Ainsi :

Selon Block, 366 kil. de carottes peuvent être substitués à 100 kil. de foin de prairie. D'après Pabst, 60 kil. d'avoine équivalent, comme nourriture, à 100 kil. de foin.

Une connaissance certaine de la valeur nutritive des aliments consommés par le bétail offrirait des avantages réels à la spéculation agricole; c'est elle qui guiderait l'éleveur dans ses acquisitions, sur la préférence qu'il devrait donner à tel ou tel fourrage. Supposons, par exemple, que, sur le marché :

100 kil. de pommes de terre, coûtent		1 fr.	50 c.
100	de foin	6	00

Admettons comme vraies les données théoriques, établissant que 100 kil. de foin, équivalent, comme nourriture, à 287 kil. de tubercules. Il est clair, en comparant les prix à ces équivalents, qu'il y a intérêt à acheter des pommes de terre, car les 287 kil. devant remplacer les 100 kil. de foin ne coûteraient que 4 fr. 30. Dans ces conditions de prix, il y aurait même avantage à vendre du foin, pour amener en retour des pommes de terre.

Si les équivalents que j'ai déduits de l'analyse s'accordent, dans plusieurs cas, avec les nombres donnés par les praticiens; dans d'autres, ils en diffèrent très-notablement. Mais il faut observer que les équivalents pratiques présentent entre eux des différences du même ordre. Ainsi, nous voyons que pour nourrir comme 100 kil. de foin, il faut en paille de froment 666 kil. suivant Schnee et Thaer, et 175 kil. selon Flottow. D'après Meyer, 290 kil. de navets équivalent à 100 kil. de foin, tandis que Middleton prescrit 800 kil. pour l'équivalent de cette racine, nombre qui coïncide avec celui de la théorie. Block donne 30 pour l'équivalent des pois, et Thaer, autorité tout aussi respectable, indique 66. Le même agronome assigne à la betterave champêtre l'équivalent de 460, lorsque Meyer et Pabst le portent à 250, et M. de Dombasle à 261. Quelque large que soit la part que l'on fasse aux difficultés que présentent les recherches sur l'alimentation, on se rend difficilement raison de différences aussi fortes. Quant à l'accord surprenant qu'offrent dans plusieurs cas les résultats pratiques, on doit être convaincu que cet accord n'est qu'apparent, car il est certain que la plupart des auteurs se sont copiés en silence. Il est souvent impossible de décider dans les écrits des agronomes si la valeur nutritive qu'ils donnent à une substance a été fixée par leurs propres observations, ou simplement adoptée sous la responsabilité d'un autre observateur. Toute personne qui n'est pas complètement étrangère à l'art de faire des expériences, ne se persuadera jamais que

onze expérimentateurs soient arrivés isolément à trouver, pour l'équivalent du foin de luzerne, le nombre exact de 90; ou bien que cinq observateurs distincts aient été conduits au chiffre de 600 pour l'équivalent du chou.

La fixation de la valeur nutritive des fourrages, par la détermination de l'azote, est loin d'être à l'abri d'objections : cette méthode tend à donner des équivalents trop bas, parce qu'elle est sujette à porter un peu trop haut la quantité de *viande* contenue dans les fourrages. L'azote, recueilli dans l'analyse, peut provenir, pour une très-faible partie, des nitrates qui se rencontrent dans les plantes, et dont l'utilité est nulle dans la nutrition. Généralement cette cause d'erreur n'exerce qu'une influence à peine appréciable ; mais il est des feuilles, des racines qui, venues dans certains terrains, même très-peu salpêtrés, sont assez riches en nitrates.

Par la détermination de l'azote, on se borne uniquement à évaluer la quantité de viande renfermée dans un fourrage ; c'est bien certainement là l'une des matières qu'il importe le plus de doser, c'est celle qui existe en proportion moindre ; et son abondance ou sa rareté dans un aliment, décide, à n'en pas douter, du plus ou moins de valeur nutritive qu'on doit lui attribuer. D'ailleurs, les autres substances non azotées, comme le sucre, l'amidon, la gomme, se trouvent presque toujours en grand excès par rapport à la substance azotée. Ces matières sont les auxiliaires indispensables de l'aliment végétal. Dans l'acte de la

digestion, la fécule amylacée se transforme en gomme et en sucre, qui sont alors absorbés directement ; les substances grasses se divisent à l'infini, et, en s'émulsionnant, elles pénètrent dans l'organisme ; mais la fibre ligneuse, à l'état où elle se rencontre dans les plantes, ne paraît pas concourir à la nutrition : on la retrouve intacte dans les déjections des animaux.

Ces principes admis, on conçoit qu'il n'est pas indifférent qu'à proportion égale de matière animalisée, un fourrage contienne en plus de l'amidon, du sucre ou du ligneux. Les propriétés nourrisantes de l'amidon et de ses congénères contribuent évidemment à l'alimentation, tandis que le ligneux se comporte comme un corps inerte.

Le foin et la pomme de terre, amenés au même état de dessiccation, ont, à peu de chose près, les mêmes proportions d'azote, 1, 3 et 1,6 pour 100, c'est-à-dire environ 9 pour 100 de viande. Dans la pomme de terre sèche, 90 parties sont formées en grande partie par de l'amidon. Dans le foin, il y a au contraire, dans le résidu, une forte proportion de ligneux. Ces faits sont de nature à expliquer pourquoi, malgré à peu près le même contenu en matière animalisée, la pomme de terre sèche peut réellement être plus nutritive que le foin sec. Pour donner aux équivalents théoriques toute la précision desirable, il convenait donc de déterminer, pour chaque espèce d'aliment, la quantité de matière organique qui échappe à la digestion : c'est un travail que j'ai exécuté. On a ainsi, pour chaque fourrage, trois

éléments qui permettent de comparer leur valeur nourrissante, à savoir, la proportion de la substance azotée; celle de la matière non azotée, sucre, gomme, amidon, pectine; enfin, le contenu en principe inerte.

En réunissant à ces données celle non moins importante de la proportion de la matière grasse, j'ai pu présenter, dans un tableau, l'ensemble de la constitution des substances alimentaires dont il a été fait un examen chimique.

La connaissance de la proportion de principes analogues au sucre ou l'amidon, de celle des matières grasses contenues dans un aliment, peut servir à corriger ce qu'aurait de trop absolu un équivalent nutritif déduit uniquement de la proportion de l'élément azoté, de la viande. Les substances alimentaires qui ne renferment pas d'azote sont, comme je l'ai dit, absorbées rapidement pendant la digestion, et, parvenues dans le sang, elles y subissent une véritable combustion; elles concourent ainsi à la production de la chaleur animale, en même temps qu'elles économisent, au profit de l'assimilation directe, une partie des matières azotées. Il faut en effet concevoir que l'albumine, la légumine, sont aptes à remplir dans la nutrition deux fonctions essentiellement distinctes; elles peuvent brûler, comme brûlent l'amidon et le sucre, ou bien être assimilées après avoir éprouvé de légères modifications. Il résulte de là, que de deux rations renfermant chacune précisément le même poids d'albu-

mine ou de légumine, celle là sera réellement la plus nutritive qui contiendra une plus forte dose d'amidon, de sucre, de graisse, en un mot, une plus forte proportion d'aliments respiratoires; cette ration donnera plus de poids vivant, plus de chair, par la raison que, plus riche en éléments combustibles, il y aura moins de principes azotés assimilables, détruits par la respiration.

La valeur alimentaire des principes non azotés, d'après le rôle qu'ils jouent dans la nutrition, doit nécessairement dépendre de leur élément combustible ; et, comme par une circonstance heureuse, leur composition est peu différente, en exceptant toutefois celle des graisses, il n'est pas nécessaire de fixer cette valeur pour chacun d'eux; ces principes ont d'ailleurs ceci de commun, que leur constitution se représente assez exactement par du carbone et de l'eau, de sorte que le carbone est le seul élément combustible qu'il y ait à considérer dans leur action. En effet, leur composition est exprimée ainsi qu'il suit :

	Carbone	Eau
Amidon.....	44,4	55,6
Sucre.....	42,1	57,9
Glucose.....	36,3	63,7
Inuline.....	44,2	55,8
Pectine, acide pectique.	43,0	57,0

Comme ces substances sont le plus souvent associées dans la nourriture végétale, il est permis de prendre pour la proportion du carbone de la matière

digestible non azotée, de ce genre d'aliments, le nombre moyen 42.

Les corps gras, par leur composition et leurs propriétés, diffèrent essentiellement du sucre, de l'amidon. Ils sont riches en carbone ; de plus, une partie de l'hydrogène s'y trouve en excès par rapport à l'oxygène nécessaire pour former de l'eau. Ainsi, on a pour la composition générale des huiles et des graisses, quelle que soit leur origine :

Carbone.....	79	
Hydrogène....	11	
Oxygène.....	10	+ H 1,25 = Eau 11,25.
	100	

Il reste par conséquent 9,75 d'hydrogène libre, c'est-à-dire d'hydrogène pouvant brûler en s'unissant à l'oxygène de l'atmosphère. Or, comme l'hydrogène absorbe trois fois autant d'oxygène et dégage environ trois fois autant de chaleur que le carbone, les graisses ou leurs analogues doivent nécessairement produire, dans la combustion respiratoire, un effet calorifique bien supérieur à celui occasionné par le sucre ou l'amidon. Cet effet, nous pouvons l'apprécier, en substituant à 9,75 d'hydrogène libre, son équivalent combustible en carbone, c'est-à-dire 29,25. En ajoutant ce nombre au 79 de carbone indiqué par l'analyse, on voit que 100 kil. de graisse ou d'huile dégagent, en brûlant, autant de chaleur que 108,25 kil. de carbone pur. On peut donc admettre, en restant au dessous de la réalité, que les substances grasses, quand on les considère comme

aliment combustible, c'est-à-dire quand elles sont absorbées pendant la digestion, équivalent à leur propre poids de carbone. Les autres principes digestibles non azotés, comme l'amidon, ne représentent en carbone que les 0,42 de ce poids.

La présence de l'huile ou de la graisse est d'autant plus avantageuse dans la nourriture, que ces matières participent de la double propriété que possèdent les substances azotées de s'assimiler ou de brûler; ainsi la graisse n'est pas seulement un aliment combustible, elle concourt encore directement à la production du tissu adipeux; aussi, dans certaines circonstances, lorsque, par exemple, il s'agit de provoquer un engraissement rapide, l'expérience prouve qu'il est très-utile de la faire intervenir dans l'alimentation.

Bien que l'intervention des principes digestifs à composition ternaire soit indispensable, il ne faut pas cependant exagérer son importance. Des expériences que j'ai faites sur ce sujet établissent que, données seules, l'albumine, la fibrine, la caséine, sont impropres à entretenir la vie, mais elles montrent aussi qu'il leur suffit d'être unies à de faibles doses d'aliments facilement absorbables, pour devenir éminemment nutritives. Enfin, ces expériences prouvent qu'au delà d'une certaine limite, l'amidon, le sucre, les graisses mêmes, ne produisent plus aucun effet utile, puisque ces matières échappent à la digestion et qu'on en retrouve une grande partie dans les déjections.

Toute ration alimentaire doit renfermer une certaine proportion de substances albumineuses, au-dessous de laquelle elle cesse d'être propre à entretenir la vie, quelle que soit d'ailleurs la quantité de principes à composition ternaire qui s'y trouve associée. Cette proportion varie nécessairement selon l'espèce, l'âge et le poids des individus, et sa détermination m'a paru assez importante pour entreprendre quelques expériences dont je présenterai ici les résultats principaux.

J'ai d'abord fait porter mes recherches sur une tourterelle, parce que les observations faites sur les oiseaux sont susceptibles d'une grande précision.

La tourterelle était parfaitement rationnée avec 14 grammes de millet par jour. Sous ce régime son poids s'accroissait lentement, mais régulièrement: en vingt quatre heures elle émettait par la respiration 3,40 gr. de carbone, à l'état d'acide carbonique. On a diminué graduellement la dose de millet, en n'en faisant plus consommer successivement que 6 gr. 4 gr., 3 gr., 1 gr., et en ayant soin de substituer au grain retranché de la ration, de l'amidon, du sucre, du beurre, de manière à remplacer largement l'aliment respiratoire qui existait dans le millet soustrait; aussi la tourterelle, soumise à ce régime mixte, produisait en respirant sensiblement la même quantité d'acide carbonique. Le poids initial s'est maintenu jusqu'à ce que la dose de millet fut réduite à 1,5 gr., avec 1 gr. de millet la perte diurne était très-peu prononcée; mais au-dessous de 1 gr. le régime

devint insuffisant, bien que l'animal digerât chaque jour beaucoup plus de beurre et d'amidon qu'il n'en fallait pour satisfaire à la dépense en carbone occasionnée par la fonction respiratoire. On doit en conclure que l'albumine renfermée dans 1,5 gr. de millet, c'est-à-dire dans 0,31 gr. ne suffit pas pour rendre nutritive la ration que consomme dans un jour une tourterelle du poids de 130 grammes, quelle que soit la quantité de matières digestibles non azotées associée à cette albumine. Des observations analogues, mais naturellement moins précises, me portent à croire que malgré la surabondance et la nature des aliments auxiliaires non azotés, la nourriture est insuffisante quand l'albumine ou la légumine, dans la ration d'un jour, est au-dessous de :

1 kil.	20 pour une vache laitière pesant		600 kil.
1.	00 pour un cheval de travail,	id.	500
0	90 pour un cheval	id.	400
0	12 pour un porc	id.	85

Dans le cas le plus général une ration alimentaire contient, en principes digestibles, une quantité de carbone bien supérieure à celle que l'animal auquel on la destine émet par la respiration ; dans de telles conditions on peut, lorsqu'il s'agit de substituer une ration à une autre, faire usage des équivalents basés sur le contenu en principes azotés. Ces équivalents renferment tous une quantité de matière azotée égale à celle renfermée dans l'équivalent pris pour base. Ainsi 100 kilog. de foin contiennent, d'après l'analyse, 7,2 kilog. d'albumine, et dans 348 kilog.

de topinambours, leur équivalent, il entre aussi 7,2 kilog. d'albumine. Le défaut de ces équivalents c'est de ne pas représenter les principes digestibles à composition ternaire. Il est cependant hors de doute que dans nombre de rations mixtes, l'utilité alimentaire de la paille est plus grande que ne l'indiquerait son équivalent *azote*. Ainsi, pour certaines pailles de blé, il en faudrait, suivant la théorie, 383 kilog. pour équivaloir à 100 kilog. de foin. Dans ces 383 kilog il y a, en effet, l'albumine de 100 kilog. de foin, mais, de plus, on y compte 138 kilog. d'aliments non azotés, tandis que le foin n'en renferme que 44,4 kilog. Dans tous les cas analogues, la ration sera réellement plus nourrissante que le foin auquel on la substitue. Il peut aussi arriver, par une raison contraire, que la ration substituée soit moins nutritive, malgré l'égalité de principes azotés, et, même, dans telle circonstance, la dose de l'aliment substitué sera insuffisante, parce qu'elle ne comportera pas la quantité des éléments combustibles indispensables pour satisfaire à la respiration de l'animal rationné; ce point mérite d'être éclairci par un exemple.

Les légumineuses, les graines oléagineuses, les tourteaux, résidus de la fabrication de l'huile, sont placés, avec toute raison, au nombre des aliments les plus substantiels. L'analyse sanctionne l'opinion de la pratique, en montrant que de toutes les matières végétales organisées, ce sont les plus riches en albumine, en légumine; et ce qui ajoute encore à leur qualité alimentaire, ce sons les corps gras dont

quelques-unes sont abondamment pourvues. Cependant les équivalents théoriques, tirés du dosage de l'azote, s'éloignent beaucoup de ceux admis par la pratique. Ainsi l'analyse conduit à 30 pour l'équivalent des pois, lorsque les nombres donnés par les praticiens sont généralement compris entre 40 et 66; le dosage de l'azote indique 22 pour l'équivalent du tourteau de lin, quand Block, Weber et Pétri donnent 42, 57 et 108. Comme des différences de cet ordre se présentent pour le même genre d'aliment, on doit présumer que les équivalents théoriques sont trop faibles, ou ce qui revient au même qu'ils expriment des pouvoirs nutritifs trop élevés. Il est, en effet, facile de prouver que l'erreur est du côté de la théorie. Supposons qu'il s'agisse de remplacer 16 kilog. de foin rationnant un cheval de 500 kilog. par des pois. Suivant les équivalents fondés sur les proportions de la matière azotée, 4,80 kilog. de pois équivaudraient à 16 kilog. de foin; or, on sait qu'en vingt-quatre heures ce cheval émet par la respiration, par les sécrétions urinaires et intestinales environ 3 kilog. de carbone qui, nécessairement, doivent préexister dans la partie *digestible* de la ration. En consultant le tableau de la constitution des substances alimentaires, nous trouverons que, dans 16 kilog. de foin, il y a en principes digestibles :

	kil.		kil.	
Matières analogues à la graisse	0,61	= carbone	0,61	3,59
Matières non azotées.....	7,10	= carbone	2,98	
Albumine.....	1,15			

Les matières digestibles non azotées, de la ration de foin, renferment donc à elles seules plus d'éléments combustibles que le cheval n'en émettra en vingt-quatre heures.

Dans les 4,80 kil. de pois, il y a :

	kil.		kil.	
Matières grasses.....	0,10	= carbone	0,10	1,30
Matières non azotées...	2,86	= carbone	1,20	
Légumine.....	1,15	= carbone	0,65	
Total des éléments combustibles....			1,95	

Cette quantité de pois est évidemment insuffisante, puisque, même en faisant intervenir le carbone de la légumine, elle ne renferme pas encore les éléments combustibles que le cheval consume en un jour; pour la rendre réellement équivalente à 16 kilogr. de foin, il faut y joindre un aliment riche en graisse, en amidon, ou en sucre; c'est ce qu'on fait ordinairement, en mêlant des racines aux légumineux et aux tourteaux. Cependant, si la substitution devait être faite uniquement avec des pois, on voit, qu'à la ration calculée d'après l'équivalent fondé sur le contenu en principe azoté, il y aurait lieu d'ajouter un supplément apportant les éléments combustibles qui manquent à cette ration. Ce ne serait plus alors 4,80 kil. de pois qu'on substituerait à 16 kil. de foin, mais un poids plus fort, qui équivaudrait exactement au foin; car, dans chacune des deux rations, on aurait, en sus de la même proportion d'albumine ou de légumine, des principes digestibles, représentant la même valeur comme aliment respiratoire. Dans

l'espèce dont il s'agit, il faut d'abord exprimer en kilogramme de carbone, non-seulement l'amidon et la graisse contenus dans les pois, mais encore les principes azotés. 100 kilogr. de pois renferment en principes digestibles :

	kil.		kil.
Substances azotées..	23,9	équivalent à carbone	15,40 (1)
Matière grasse.....	2,0		2,00
Amidon.....	59,6		25,03
			42,43

Dans les 16 k. de foin, l'alim. combust. est exprimé par 3,59 de carb.
Dans les 4 k. 80 de pois par 1,30

Différence..... 2,29

Il faut donc ajouter à la ration de pois, pour la compléter, une matière ayant, comme aliment respiratoire, une valeur de 2,28 kil. de carbone. Si cette addition est faite avec des pois, par ce qui précède, il en faudra 5,37 kil., ce qui porterait la ration à 10,17 kil. On arrive ainsi à l'équivalent de 63,5, l'équivalent du foin de prairie étant 100 : ce nombre approche beaucoup de celui de 66 que Thaer avait déduit de la pratique. Petri, a donné 54, et Block 30. Mais il est à remarquer que l'observation conduira généralement à des équivalents d'autant

(1) Admettant, en moyenne, dans ces substances, pour 100, 52 de carbone et 4 d'hydrogène libre, c'est-à-dire 4 d'hydrogène que les 24 d'oxygène ne sauraient transformer en eau. On admet, en outre, que la valeur calorifique de l'hydrogène est trois fois celle du carbone, ce qui porte l'élément combustible des pois à 64 pour 100.

plus faibles que les pois seront entrés pour une moindre proportion dans la ration, parce que les autres aliments apporteront, dans la plupart des cas, un excès d'aliments respiratoires; c'est, par exemple, ce qui arrivera toutes les fois que la nourriture auxiliaire sera de la paille, des balles de grains, ou des racines. L'analyse chimique indique, en quelque sorte, les limites extrêmes. Sans l'adjonction d'un autre aliment, l'équivalent des pois sera 64. Quand, au contraire, ils n'entreront que pour une fraction dans la nourriture, et qu'ils seront associés à des aliments riches en amidon, en sucre, en graisse, leur équivalent se rapprochera de 30, c'est-à-dire du nombre qui ressort du dosage de l'azote.

Je veux montrer, en prenant un exemple dans l'alimentation de l'homme, combien on est exposé à s'égarer quand on fait abstraction des éléments digestifs non azotés de la nourriture. On a singulièrement insisté, dans des discussions à l'occasion de la production animale en agriculture, sur l'énorme différence que présente la viande sur le pain, considérés l'un et l'autre comme aliment. En partant des proportions respectives d'azote, on a prétendu que la viande est quatre fois aussi nourrissante que le pain.

Examinons s'il en est ainsi.

On peut représenter la composition des matières digestives de ces deux aliments par :

		PAIN. Carbone.	PAIN. Azote.			VIANDE. Carbone.	VIANDE. Azote.
Gluten..	7,0	3,5	1,1				
Amidon.	55,5	24,0	»	chairs sèche	25,7	14	4
Graisse..	0,2	0,2	»				
		37,6	1,1				

Sous le rapport de la substance azotée digestive, il est incontestable que 1 kil. de viande équivaut à 4 kil. de pain; mais il ne faudrait pas en conclure qu'un homme, suffisamment rationné avec 1 kil. de pain, vivrait en mangeant, par jour, 250 grammes de viande.

Un adulte, recevant une nourriture normale, émet en vingt-quatre heures, par l'effet de la respiration, une quantité d'acide carbonique renfermant environ 250 grammes de carbone. En consommant par jour 1 kil. de pain, l'individu prend 376 gr. de ce combustible : s'il consommait 250 gr. de viande, il en recevrait seulement 35 gr., bien que la proportion de matière azotée fût la même dans les deux cas ; le carbone de la viande se trouverait donc dix fois plus petit de ce qui est nécessaire pour satisfaire à une seule des fonctions vitales, l'acte respiratoire; il est ainsi hors de doute qu'un homme ne pourrait pas subsister en ne prenant pour nourriture, par vingt-quatre heures, qu'un demi-kilogramme de viande de boucherie, si à cette viande on n'associait pas un aliment végétal.

Cette incertitude dans laquelle laisse la théorie, lorsqu'il s'agit de fixer l'équivalent d'un aliment, n'a rien de surprenant; la valeur alimentaire

varie nécessairement suivant les conditions dans lesquelles la nourriture est administrée ; et on a constaté qu'il n'est pas indifférent de donner seul un aliment, ou de l'associer à tel ou tel autre. Ce que la science indique, c'est que, pour qu'une ration soit aussi équivalente que possible à une autre, il faut que dans les deux rations il y ait non-seulement les mêmes proportions de principes azotés, mais encore les mêmes proportions des principes analogues à l'amidon ou au sucre, et, de plus, la même proportion de matières grasses. En connaissant la constitution des substances alimentaires, on peut composer, avec des aliments d'ailleurs fort divers, des rations à peu près identiques, puisqu'elles renfermeront la même quantité et la même nature de matières digestibles.

Dans le but de faciliter la solution des questions relatives à la nourriture du bétail, j'ai rassemblé dans le tableau placé à la fin de ce chapitre, les données qu'il m'a été possible de recueillir sur la composition des substances végétales alimentaires. Ainsi, dans les premières colonnes de ce tableau, on trouve les proportions de ligneux non digestibles, de sels, d'albumine, de graisse et de matières digestibles non azotées, analogues à l'amidon, au sucre, à la pectine, etc. Viennent ensuite les équivalents nutritifs des aliments, rapportés à 100 kil. de foin de prairie, équivalents déduits de la proportion d'azote ; puis, dans les colonnes suivantes, on a indiqué la matière nutritive non azotée qui

manque, ou bien celle qui est en excès dans ces mêmes équivalents.

J'ai montré précédemment, en prenant les pois pour exemple, comment il faut procéder pour calculer un *équivalent absolu;* Je n'ai pas cru devoir destiner une colonne à ce genre d'équivalent dont les éléments se trouvent dans la table. Ainsi, on voit que l'équivalent nutritif de l'orge d'hiver, d'après la proportion d'azote, est 54; or, si, dans 54 kil. d'orge, il y a l'albumine de 100 kil. de foin, il s'en faut de beaucoup que cette céréale contienne la dose de matière digestible non azotée des mêmes 100 kil. de foin, il convient donc d'augmenter l'équivalent de manière à y introduire ce qui manquait en matière digestible. Le calcul indique qu'on satisfait à cette condition, en ajoutant 13 kil. d'orge. Il en résulte que l'équivalent absolu de cette céréale devient 67, c'est-à-dire qu'il faut 67 kil. d'orge pour remplacer 100 kil. de foin, quand la substitution doit être faite entièrement avec de l'orge. Dans la réalité, les équivalents absolus sont plus nutritifs que les 100 kil. de foin auxquels on les substitue; la raison en est simple : dans le supplément ajouté pour remplacer la matière digestible non azotée, qui fait défaut, il y a nécessairement de l'albumine, de la légumine, etc.; l'équivalent absolu contient donc, en définitive, plus de principes azotés, plus de viande que n'en renferment 100 kil. de foin. Ainsi, dans 64 kil. de pois, il entre 15,3 kil. de légumine, c'est-à-dire le double de la substance azotée, de la viande contenue

dans 100 kil. de foin. Aussi, dans la pratique, où l'on s'est aperçu, depuis longtemps de la forte valeur nutritive des légumineux, on les donne à dose modérée, et presque toujours associés à des aliments pauvres en principes azotés, comme les pailles ou les balles de céréales, les racines et les tubercules. Rien de plus rationnel que cette association, puisqu'il s'agit d'introduire dans la ration les matières nutritives non azotées, dont elle manque; c'est pour faciliter la correction que doivent subir les équivalents, déduits de la proportion d'azote, que j'ai mis dans une colonne du tableau la quantité de paille qu'il faut ajouter, pour obtenir un équivalent qui, sous le rapport de sa constitution chimique, se rapproche autant que possible de 100 kilogr. de foin.

Dans les pailles de céréales de différentes natures, il y a environ 45 pour 100 de substances susceptibles d'être digérées, y compris l'albumine. Il est à peine nécessaire d'expliquer l'usage des nombres qui expriment les quantités complémentaires de paille. L'équivalent déduit de l'azote de l'avoine est 61; mais il manque, aux 61 kil. d'avoine, 7 kil. de matière digestible non azotée, d'amidon, par exemple, pour qu'ils aient la même valeur nutritive que 100 kil. de foin. On lit dans la table qu'en associant à ces 61 kil. d'avoine, 15 kil. de paille hachée, on leur communique 7 kil. de matière digestible non azotée; en d'autres termes, on a ainsi une ration mixte, dont la valeur nourrissante représente celle de 100 kil. de foin.

Digitized by Google

L'équivalent des féveroles est 23; mais il y manque 37 de matière digestible non azotée; pour le compléter, la table indique qu'il faut y associer 82 de paille, pour avoir une ration nourrissante comme 100 de foin.

Je me suis borné à présenter les suppléments d'équivalents en paille, parce que c'est avec ce fourrage qu'on forme, le plus ordinairement, les rations mixtes données au bétail, aux chevaux; mais à l'aide du tableau de la constitution des substances alimentaires, il est facile de trouver quel doit être le poids du supplément, en faisant usage de tel ou tel autre aliment. En voici un exemple :

Un habile agronome du département de l'Hérault, M. Bouscarens, est parvenu à nourrir du bétail et des bêtes à laine, presque exclusivement avec du tourteau de lin dont il ne trouvait pas de débouché.

Les vaches, soumises à ce régime, donnent, en moyenne, 7 litres de lait par jour. La ration se compose de 7 kil. de tourteaux par tête, pris en trois repas. Dans l'intervalle, on donne à chaque vache 6 kil. de balles. Le tourteau brisé en morceaux est détrempé et pétri avec de l'eau, de manière à prendre la consistance de la pâte employée à faire le pain. Les vaches refusent quelquefois cette nourriture; alors il faut en former des boules de la grosseur du poing, et les leur enfoncer dans la bouche aussi avant que possible : cette opération, renouvelée deux ou trois fois, suffit ordinairement pour les mettre en goût (1).

---

(1) Ysabeau, *Journal d'Agriculture pratique*, t. IV, p. 205.

Admettons que chaque vache eût été convenablement nourrie avec 15 kilog. de foin :

	Albumine.	Huile.	Matière non azotée.
	kil.	kil.	kil.
Dans 7 kil. de tourteau, il y a :	2,29	0,42	2,32
6 de balles	0,31	0,08	3,14
	2,60	0,50	5,36
Dans 15 kil. de foin, il y a :	1,08	0,57	6,66

Il suffit de comparer la composition de ces deux rations pour voir que dans la première, une partie de de la matière azotée joue le rôle d'aliment combustible. En effet, si l'on exprime en carbone la valeur des rations, on a :

	Ration au tourteau.		Ration de foin.	
	kil.		kil.	
Albumine.....	2,60 = carbone	1,66	1,08 = carbone	0,69
Matières grasses.....	0,50	0,50	0,57	0,57
Amidon ou analogues.	5,36	2,25	6,66	2,80
		4,41		4,06

Il résulte de cette comparaison que la ration de tourteau et de balles peut être substituée, avec quelque avantage, à 15 kilog. de foin ; et c'est ce que l'expérience a confirmé.

J'ajouterai une dernière observation : c'est que les équivalents, déduits de l'azote, doivent être considérés comme entièrement satisfaisants, quand il s'agit d'aliments de même nature, aliments qu'on peut classer ainsi :

1° Foins et pailles ;

2° Racines et tubercules ;

3° Graines oléagineuses ;

4° Graines de céréales et de légumineuses, tourteaux.

Dans la pratique, on a reconnu, par exemple, qu'il faut deux fois autant de betterave que de pomme de terre jaune pour rationner une vache; or, l'azote de la racine est à l'azote du tubercule comme 0,21 est à 0,40. L'avoine, l'orge, le seigle ont la même valeur nutritive; ils renferment aussi, à très-peu de chose près, les mêmes quantités d'azote.

Je ne dissimulerai pas tout ce qu'il y a d'imparfait dans les éléments de la table que je présente; mais il s'écoulera sans doute bien du temps encore, et il faudra des recherches nombreuses et délicates sur la constitution des substances alimentaires, avant qu'elle atteigne toute la perfection désirable. Il est d'autant plus à souhaiter que les travaux chimiques et physiologiques viennent éclairer la théorie de l'alimentation, que les observations faites directement sur les animaux sont sujettes à bien des causes d'erreurs, à bien des incertitudes; on peut en donner pour preuve la grande divergence des résultats obtenus cependant par de très-habiles praticiens : c'est que l'appréciation exacte de la limite passée laquelle une substance alimentaire cesse d'être nutritive, est fort difficile. Lorsqu'on ajoute à un ordinaire reconnu suffisant pour l'entretien d'un animal, une nouvelle dose d'aliment, l'effet de cette addition est à peine sensible, de sorte que dans les observations pratiques, on est exposé à évaluer défavorablement la faculté nutritive des aliments administrés en proportion trop

forte. Nous en avons eu la preuve dans une série d'expériences sur la nourriture des vaches laitières. A une vache recevant en topinambours et en fourrage sec l'équivalent de 15 kilog. de foin, on a donné en sus de cette nourriture 3 kilog. de tourteau de colza, de manière à doubler la ration. La vache n'a accepté que la moitié, $1^k,5$ de tourteau ; et malgré ce supplément, le produit en lait n'a pas été amélioré. Ainsi, d'après l'observation, le tourteau aurait un équivalent égal à 0, et cependant il est hors de doute que cet aliment est des plus substantiels.

Les grains durs et cornés que l'on donne aux chevaux et au bétail échappent souvent à la digestion ; cette circonstance contribue à leur faire accorder une valeur nourrissante inférieure à celle qu'ils possèdent. Pour obvier à cet inconvénient, on égruge le grain ; cette pratique est surtout suivie pour la vesce, les pois, les féveroles. Pour les céréales, il suffit de les détremper dans de l'eau chaude. L'avoine et l'orge sont peut-être les seuls grains pour lesquels cette opération ne soit pas indispensable. Des expériences faites avec soin, par ordre de la commission d'hygiène vétérinaire instituée par le ministre de la guerre, ont prouvé que la quantité d'avoine échappée à la digestion est tout à fait négligeable.

Les tubercules et les racines sont des aliments précieux pour les bêtes à cornes, ils suppléent à une partie du foin. D'après des expériences longtemps continuées à Bechelbronn, les chevaux s'accommodent aussi d'un semblable régime mixte, qui, par un emploi

bien entendu, amène quelquefois une grande économie dans l'entretien de ces animaux. Les racines se donnent après avoir été coupées. C'est un usage dont la bonté est sanctionnée par la pratique, que celui de mêler les tranches de racines avec de la paille hachée ou des balles de céréales. Il est toujours avantageux d'unir un aliment sec à un aliment très-aqueux dont les sucs tendent à s'échapper.

La betterave, les navets, les carottes, le rutabaga, les topinambours, sont toujours consommés crus. La pomme de terre est souvent donnée après avoir subi la cuisson. Cependant je puis affirmer que les ruminants se trouvent très-bien de l'usage des pommes de terre crues. A Bechelbronn, nos vaches ne les consomment jamais autrement; on ne les fait cuire qu'alors qu'on les destine à la nourriture des chevaux et des porcs. La manière la plus convenable est de les cuire à la vapeur; il n'est pas nécessaire de pousser la coction au point qu'elle doit atteindre lorsqu'il s'agit de l'alimentation de l'homme. Les pommes de terre cuites sont écrasées entre deux cylindres, ou simplement à la pelle, et mêlées à la paille hachée; par la cuisson à la vapeur, elles ne perdent qu'une faible partie de leur poids, d'où il faut conclure que l'équivalent reste à peu près le même. Cependant il est possible que la matière amylacée s'assimile plus facilement, et que sous ce rapport les tubercules cuits soient plus nourrissants. Quelques éleveurs font cuire les pommes de terre au four; cuites de cette façon, elles doivent être plus nutritives à poids égaux, par la

raison qu'elles renferment beaucoup moins d'eau, par suite de la dessiccation qu'elles éprouvent. Nul doute que ce mode de cuisson ne soit préférable lorsque l'on a en vue l'engraissement des porcs ou du bétail. La pomme de terre cuite au four ou rôtie peut certainement être amenée à un état tel qu'elle remplacerait avantageusement les grains et les farines dans l'alimentation des animaux. C'est un simple devis à faire sur les frais de cuisson.

C'est en pesant un animal que l'on peut déterminer l'influence favorable ou désavantageuse du régime alimentaire auquel il est soumis. Pour les animaux adultes accomplissant un travail régulier, comme les chevaux de labour, pour les vaches laitières, la ration doit être telle que le poids normal reste à peu près le même. Une nourriture insuffisante tend à diminuer l'embonpoint, la vigueur et la vivacité de l'animal; les vaches rendront moins de lait. La ration demeurant la même, la perte de poids, l'amaigrissement, la diminution du lait, se manifesteront néanmoins si on augmente le travail, si on exige de la part de ces animaux une plus grande dépense de forces. Une condition indispensable dans les recherches sur l'alimentation est donc d'exiger des individus qui en sont le sujet, soit le repos absolu, soit un travail aussi égal que possible. Les jeunes animaux, en recevant une nourriture saine et suffisante, augmentent journellement d'une quantité que nous chercherons bientôt à évaluer; le changement de nourriture apportera des variations notables dans leur accroissement si le régime

substitué est moins nutritif que celui qui le précédait; la balance indique ces variations.

Le bétail mis à l'engrais reçoit toujours de la nourriture en excès, c'est-à-dire un supplément à la ration d'entretien. L'augmentation de poids d'un animal est souvent assez considérable dans un court espace de temps pour être appréciée par des pesées même assez rapprochées ; elle varie d'ailleurs aux différentes époques de l'alimentation. L'engraissement du bétail n'est pas une circonstance favorable pour évaluer la valeur nutritive des aliments ; mais il est néanmoins utile, sous le point de vue pratique, de constater l'influence de la nourriture sur la production de la graisse. Un équivalent nutritif mal appliqué exercerait bientôt une action contraire à celle que l'on veut obtenir, l'animal resterait stationnaire en poids au lieu d'augmenter, si la ration n'était pas convenable.

Lorsqu'on a déterminé la quantité de fourrage qu'un animal doit recevoir en vingt-quatre heures pour être convenablement entretenu en force, ou pour permettre un rendement avantageux en lait, ou un accroissement favorable en chair ou en graisse, on le pèse et on introduit dans la ration, en totalité ou en partie, la nourriture qu'il s'agit d'essayer. Au bout d'un certain temps, on pèse de nouveau ; le poids fait connaître si la valeur nutritive du fourrage substitué est supérieure, égale ou inférieure à celle de l'aliment remplacé. Telle est la méthode généralement suivie ; mais en la pratiquant, j'ai remarqué

qu'elle est sujette à des causes d'erreurs assez graves que je me suis efforcé d'atténuer dans des expériences entreprises sur l'alimentation des chevaux, expériences que je crois devoir rapporter.

Dans un bon nombre des observations parvenues à ma connaissance, j'ai reconnu que la durée des différents régimes auxquels les animaux ont été soumis n'a certainement pas été suffisamment prolongée, de sorte qu'on a dû être conduit à attribuer les changements survenus dans le poids des animaux aux effets de la nourriture, lorsque les variations constatées peuvent n'être qu'un simple fait accidentel. On admet qu'un animal adulte, soumis à la ration d'entretien, revient tous les jours au poids qu'il avait la veille ; mais cela n'est rigoureusement vrai qu'autant qu'on suppose une série de pesées continuées pendant un nombre de jours suffisant pour faire disparaître les irrégularités qui se présentent d'une pesée à l'autre. Pour reconnaître l'amplitude des variations qu'un animal éprouve dans son poids, alors même qu'il est nourri d'une manière uniforme, qu'il prend ses repas exactement aux mêmes heures, j'ai pesé pendant plusieurs jours un cheval et une jument soumis à un régime des plus réguliers et qui exécutaient un travail parfaitement réglé, puisqu'ils étaient attelés à un manége faisant mouvoir une machine d'épuisement. Les pesées ont été faites à midi, avant que les animaux aient été conduits à l'abreuvoir, quatre ou cinq heures après leur premier repas. Voici les résultats obtenus :

DATE DES PESÉES.	POIDS DU CHEVAL.	POIDS DE LA JUMENT.	
16 décembre 1841.	453,0	494,0	
17.....	455,0	497,0	
18.....	456,0	497,0	
19.....	454,0	497,5	
20.....	449,0	487,0	
21.....	449,5	487,5	
22.....	449,0	492,0	
23.....	454,0	496,5	
24.....	454,0	484,5	
25.....	459,5	.....	
27.....	448,0	490,5	
28.....	452,0	496,0	
29.....	454,0	491,0	
30.....	448,0	484,0	
31.....	452,5	491,0	
Moyenne.....	452,2	491,8	
Pesées maxima...	459,5	497,5	
Pesées minima...	448,0	484,0	
	7,3	5,7	Plus grande différence au-dessus du poids moyen.
	4,2	7,8	Plus grande différence au-dessous du poids moyen.
	11,5	13,5	Différence entre les poids extrêmes.

Un autre cheval (Vieux Fuchs), âgé de douze ans, a été pesé à jeun, à quatre heures du matin.

TABLEAU.

DATE DES PESÉES.	POIDS DU CHEVAL.	
26 avril 1842.....	475,2	
27.....	469,0	
28.....	478,0	
29.....	482,0	
30.....	472,0	
Moyenne.....	475,2	
	6,8	Plus grande différence au-dessus du poids moyen.
	6,2	Plus grande différence au-dessous du poids moyen.
	13,0	Différence entre les poids extrêmes.

On voit qu'un cheval rationné très-régulièrement, pesé à la même heure, présente néanmoins dans son poids des différences qui d'un jour à l'autre vont jusqu'à 13^{k}, 5, qu'on est ainsi exposé à attribuer à l'effet du régime alimentaire. Comme, dans les expériences sur l'alimentation, on est obligé de chercher l'accroissement ou la diminution de poids qu'un animal subit, on comprend que, pour atténuer la cause d'erreur que je viens de signaler, il faut prolonger la durée de chaque expérience pendant un temps suffisant pour que la variation accidentelle affecte le moins possible le résultat.

Cette variation se montre chez les différents animaux ; elle est naturellement plus faible sur un mouton que sur un cheval, mais elle n'en existe pas moins, et elle peut occasionner des erreurs du même

ordre. Que penser maintenant de ces variations de poids de 1 kil., observées en deux ou trois jours d'expérimentation sur des béliers, bien qu'elles aient été constatées avec le plus grand soin et par des observateurs très-consciencieux ? Il est de toute évidence qu'elles ont pu être purement accidentelles.

La première chose à faire, lorsqu'il s'agit d'étudier la valeur nutritive comparée des aliments, est de rechercher l'amplitude des variations du poids des animaux soumis à l'expérience ; comme elle a lieu tantôt dans un sens, tantôt dans un autre, on conçoit qu'il est avantageux de soumettre à l'observation plusieurs animaux à la fois, car il y a alors une chance pour que l'erreur qu'elle occasionne soit de nature à se compenser. Aussi on a soin d'expérimenter non pas sur un individu isolé, mais bien sur un lot formé de plusieurs têtes, et les résultats obtenus sont d'autant plus certains que les lots comprennent un plus grand nombre de sujets. Une autre cause d'erreur, dont j'ai eu l'occasion de m'apercevoir dans le cours de mes expériences, paraît dépendre du *poids* de la ration alimentaire. A égalité de valeur nutritive, les rations peuvent avoir des poids très-différents ; un régime composé d'aliments secs, comme le foin et l'avoine, pèsera beaucoup moins que son équivalent en racines, en tubercules ou en fourrage vert. Si, après avoir entretenu des animaux avec des aliments secs, on substitue une nourriture aqueuse, on remarque aussitôt un accroissement notable dans leur poids. Le

changement est trop subit et souvent trop considérable pour qu'on puisse songer à l'attribuer à la nutrition ; c'est un lest qu'on a introduit dans le corps des animaux et qui persiste, bien qu'en subissant des variations, pendant tout le temps qu'on administre le nouveau régime. Dans le cas opposé, quand un équivalent nutritif pesant est remplacé par un équivalent plus léger, on observe le phénomène inverse : le poids des animaux baisse subitement. Ces changements brusques jettent de la perturbation dans les résultats, et on doit juger défavorablement la méthode qui consiste à se contenter d'une seule pesée à la fin de chaque observation faite sur un régime alimentaire; j'ai commis cette faute avant d'avoir su apprécier son influence. Pour arriver à des résultats dignes de toute confiance, il convient de nourrir les animaux pendant deux ou trois jours avec la ration que l'on veut étudier, afin de les *lester* : c'est alors seulement qu'il faut faire la première pesée, c'est alors que commence l'expérience; et, après l'avoir continuée pendant un temps suffisamment prolongé pour atténuer autant que possible l'incertitude résultant des variations de poids accidentelles, on pèse de nouveau, pour constater l'effet favorable ou contraire du régime. Il est à peine nécessaire de rappeler que l'augmentation ou la permanence du poids des animaux sur lesquels on expérimente ne sont pas toujours des signes suffisants pour affirmer que le régime actuel est supérieur ou égal en faculté nutritive à celui qui l'a précédé. On doit en outre tenir compte

de plusieurs circonstances accessoires, de différents caractères, en un mot de l'état des animaux. Ainsi, il faut noter l'aspect du poil; le plus ou moins de vivacité, de gaieté; la nature des déjections, l'état du ventre, l'aptitude au travail pour les bêtes de somme, la quantité de lait pour les vaches laitières. Cependant, en thèse générale, il paraît qu'un état stationnaire ou une légère augmentation de poids chez les adultes sont des caractères presque toujours en faveur du fourrage qui les fait naître, tandis qu'une perte est constamment le signe d'une alimentation insuffisante pour le travail ou pour les produits qu'on en exige.

Les expériences que je vais faire connaître ont été entreprises dans la vue de déterminer la valeur nutritive de plusieurs fourrages qui peuvent concourir, dans une certaine proportion, à l'alimentation du cheval, en les associant à la nourriture ordinaire. La pénurie de fourrage que l'on eut à subir en Alsace à la suite des sécheresses de 1840 nous avait fait sentir l'importance de recherches dirigées sur ce point. A cette époque nous avions été obligés de remplacer par des pommes de terre une grande partie du foin consommé dans les écuries; et, en prenant pour base de cette substitution l'équivalent donné par l'analyse, nous obtînmes des résultats pécuniaires fort avantageux, tout en conservant la santé et la vigueur de nos attelages. Néanmoins, ce qui touche à la nourriture des animaux d'une exploitation rurale est trop grave pour s'en rapporter uniquement

à la théorie; j'ai donc pensé qu'il était convenable de contrôler les résultats de l'analyse chimique par des observations pratiques.

La nourriture reconnue la plus convenable pour l'alimentation des chevaux, dans une grande partie de l'Europe, est, sans aucun doute, une ration dans laquelle il entre du foin et de l'avoine. Chacun de ces aliments donné isolément ne produirait pas un effet aussi avantageux que celui qui résulte de leur association. Une ration uniquement composée de foin serait trop volumineuse; l'avoine seule, à moins d'être donnée en proportion très-forte, présenterait un inconvénient contraire. Ce n'est pas que le cheval soit difficile sur la nature des aliments. L'orge, dans les pays méridionaux, remplace l'avoine. J'ai nourri pendant très-longtemps un grand nombre de chevaux et de mulets exclusivement avec du maïs, avec de la canne à sucre. Sur les plateaux des Andes, dans les steppes de l'Amérique du Sud, des chevaux, soumis à des travaux assez rudes, sont perpétuellement au vert; tout dépend d'ailleurs de la manière dont ces animaux ont été élevés.

Dans les circonstances où nous nous trouvons, il n'y aurait probablement pas un avantage réel à remplacer la nourriture ordinaire par les racines ou les tubercules; je doute même que cette substitution absolue produise de bons effets. Je sais qu'on a entretenu des chevaux en les nourrissant pendant l'hiver avec des pommes de terre ou des betteraves; mais il y a une différence essentielle à établir entre

Digitized by Google

l'entretien à l'écurie, sans travail, et l'alimentation des animaux destinés à dépenser chaque jour une certaine quantité de forces. Un cheval de travail prendrait difficilement, à cause du volume, une ration uniquement formée de betteraves ; il y a d'ailleurs un point qu'il ne faut pas perdre de vue lorsqu'il est question de nourrir des chevaux assujettis à un certain nombre d'heures de travail, c'est que les repas doivent être faits dans un temps donné. C'est pour cette raison que les chevaux de roulage, de poste, ceux en un mot qui ont à faire un travail prolongé, reçoivent la plus grande partie de leur nourriture en grains. A l'étable, l'inconvénient d'une ration volumineuse est bien moindre qu'à l'écurie ; indépendamment de son organisation particulière, la vache a toujours plus de temps pour ses repas qu'on n'en accorde généralement au cheval.

Une pratique de près d'une année nous ayant préalablement appris que le cheval d'attelage peut recevoir la moitié de sa ration en tubercules ou en racines, nous sommes parti de ce fait dans les expériences que nous avons exécutées.

Expériences sur l'alimentation des chevaux entretenus avec une nourriture mixte.

La ration ordinaire du cheval à Bechelbronn se compose, pour les vingt-quatre heures, de :

Foin...	10 kil.
Paille..	2,50
Avoine.	3,29 = 7 litres, l'hectolitre d'avoine pesant 47 kil.

Avec cette ration, les attelages se trouvent dans une bonne condition.

Dans les observations qui vont suivre, on a pris deux attelages, formés chacun de quatre chevaux. Chaque attelage est constamment resté sous les soins du même conducteur; nous désignerons le premier attelage par le lot n° 1, le deuxième par le lot n° 2.

Le lot n° 1 se composait de :

Braun,	jument	âgée de	7 ans.
Schimmel,	cheval	âgé de	7.
Hans,	id.	id.	16
Gaty,	id.	id.	8

Le lot n° 2, de :

Fuchs,	jument	âgée de	15 ans.
Braun,		id.	5
Nickel,		id.	14
Hengsl,	cheval	âgé de	5

OBSERVATION I.

On a remplacé la moitié du foin de la ration par de la pomme de terre cuite. Pour la substitution, on est parti de cette supposition : que 280 kil. de tubercules équivalent à 100 kil. de foin. En conséquence, la ration substituée est devenue (1) :

	kil.
Foin.....	5,0
Paille.....	2,50
Avoine.....	3,29
Pommes de terre...	14,00

(1) De nouvelles recherches ont pu changer les équivalents des fourrages, mais je n'ai modifié aucun des chiffres.

Les pommes de terre ont toujours été cuites légèrement à la vapeur. Une cuisson parfaite rend l'aliment trop pâteux et moins convenable pour la nourriture du cheval. Les tubercules cuits sont divisés et mêlés à la paille hachée. Les rations n'étaient portées dans les mangeoires qu'alors qu'elles étaient refroidies.

Par une circonstance fortuite, celle du mauvais temps pendant les labours d'automne, les attelages ont supporté des travaux pénibles; cette circonstance jette nécessairement de l'incertitude sur les résultats de cette observation. Après être restés au régime indiqué pendant quelques jours, les lots ont été pesés. La seconde pesée a eu lieu après vingt-quatre jours de régime.

	kil.		kil.		kil.		kil.
1re pesée, n° 1...	2099	n° 2	2028	les deux	lots 4127	cheval moyen	515,9
2e pesée, n° 1...	2070	n° 2	1970	id.	4040	id	505,0
En 24 jours, perte.	29	perte	58	perte	87	perte	10,9

La perte éprouvée dans cette observation a autorisé à penser que la ration administrée a été insuffisante: 14 kil. de tubercules n'auraient donc pas remplacé convenablement 5 kil. de foin. Pour adopter cette conclusion, il aurait fallu pouvoir comparer les conditions dans lesquelles se seraient trouvés les chevaux qui, étant restés à la ration normale, auraient supporté les mêmes fatigues. Malheureusement la comparaison n'a point été possible, tous les chevaux de l'écurie ayant été mis au régime de la pomme de terre. Malgré le fait de la diminution du poids des attelages,

il y a cependant à dire, en faveur du régime essayé, que les chevaux ont travaillé avec une vigueur remarquable, et qu'ils se sont maintenus en bonne santé.

OBSERVATION II.

Introduction des topinambours dans la ration.

Le topinambour est considéré avec raison comme très-convenable à l'alimentation du cheval; il est consommé avec avidité, et les bons effets de ce tubercule, donné en quantité suffisante, ne tardent pas à se manifester. Dans le régime, objet de cette seconde observation, on a substitué 14 kil. de tubercules coupés en tranches à 5 kil. de foin, prenant pour le topinambour l'équivalent de la pomme de terre. La ration se composait de :

Foin.....	5,0 kil.
Paille.....	2,50
Avoine.....	3,39
Topinambour.....	14,0

Après avoir été *lestés* avec ce régime, les attelages sont restés onze jours en expérience.

	kil.		kil.		kil.		kil.
1re pesée, no 1...	2071	no 2	1975	les deux lots	4046	cheval moyen	505,8
2e pesée.	2096		1960	id.	4056	id.	506,2
En 11 jours, gain.	25	perte.	15	gain.	10	gain.	0,4

OBSERVATION III.

Nourriture au foin et aux pommes de terre.

On a remplacé dans la ration normale 5 kil. de foin par 14 kil. de pommes de terre; l'avoine et la

paille par 7,1 kil. de foin. Ces substances ont été faites dans la supposition que :

100 de foin = 280 de pommes de terre.
50 d'avoine.
520 de paille.

La ration se trouvait alors composée de :

	kil.
Foin.....	12,1
Pommes de terre.....	14,0

Il était d'autant plus intéressant d'examiner l'influence de cette ration, que M. Liebig, en se fondant sur certaines données théoriques, établit qu'il doit être impossible d'entretenir des chevaux en état de vigueur en leur donnant pour nourriture unique du foin et des pommes de terre (1).

L'observation a duré quatorze jours.

	kil.		kil.		kil.		kil.
1re pesée, n° 1...	2100	n° 2	1960	les deux lots	4060	cheval moyen	507,5
2e pesée.	2125		2135	id.	4260	id.	532,5
En 14 jours, gain.	25	gain.	175	gain.	200	gain.	25

Ainsi, en quatorze jours, le poids des huit chevaux est augmenté de 200 kil., soit 25 kil. par individu; l'accroissement du cheval moyen a donc été de 1,8 kil. par jour. Si l'on tient compte de l'erreur possible la plus considérable qui puisse résulter de la variation accidentelle du poids, on trouve que l'augmentation diurne ne peut pas avoir été moindre de 0,8 kil. par cheval moyen.

(1) *Chimie organique*, introduction, p. cxxx.

La condition des chevaux a été des plus satisfaisantes. Les déjections avaient bonne apparence. Le seul inconvénient attaché à ce régime dépendait du trop grand volume de la ration, et, par suite, du temps que les attelages mettaient à prendre leur repas. Cet inconvénient était surtout manifeste chez les vieux chevaux. Indépendamment des deux lots réservés pour les pesées, douze chevaux employés aux manéges ont été rationnés de la même manière et avec le même succès. Les équivalents adoptés dans la composition de la ration employée dans cette troisième observation peuvent donc être considérés comme convenables. L'expérience semble indiquer cependant que la faculté nutritive de la pomme de terre a été évaluée un peu trop bas.

OBSERVATION IV.

Substitution de l'avoine et de la paille à une partie du foin.

En partant des équivalents usités dans les précédentes observations, on a remplacé 5 kil. de foin. La ration a été formée de :

Foin.....	5 kil.
Paille.....	5
Avoine.....	5,54

On a pesé les chevaux après les avoir mis pendant deux jours à ce régime. L'expérience a duré onze jours.

	kil.		kil.		kil.		kil.
1re pesée, no 1...	2084	no 2.	1976,5	les deux lots	4060,5	cheval moyen	507.6
2e pesée.	2088		1978,5	id.	4066,5	id.	508.3
En 11 jours, gain.	4	gain.	2,0	gain.	6,0	gain.	0,7

Par ce régime, le poids des chevaux est resté à très-peu près ce qu'il était avant de commencer l'expérience.

On voit clairement, dans cette observation, combien il est important de lester les animaux avant d'opérer la première pesée. Si l'on eût négligé cette précaution, le résultat aurait été défavorable à la ration admise. En effet, à la fin de la troisième observation, les chevaux, après avoir été au régime foin et pommes de terre, ont pesé. . . . . 4,260 kil.

Par le fait de la nouvelle ration, deux jours après l'avoir prise, ils n'ont plus pesé que. . 4,060 kil.

Or, on ne saurait admettre que dans ces deux jours ils aient perdu 200 kil.

Cette différence, on doit évidemment l'attribuer, en partie, à l'introduction d'une nourriture moins pesante.

OBSERVATION V.

Pomme de terre substituée à une partie du foin.

La ration déjà employée dans la première observation paraît si avantageuse dans les cas assez nombreux où il importe d'économiser le foin, que j'ai cru devoir constater de nouveau son effet sur des chevaux soumis à un travail ordinaire. La ration se composait de :

Foin.....	5 kil.
Paille.....	2,5
Avoine.....	3,29
Pommes de terre cuites.	14,0

La première pesée a été faite lorsque les chevaux recevaient ce régime depuis neuf jours. L'observation a duré soixante-trois jours. Dans le premier lot, Braun, par suite d'une indisposition, avait été remplacé par Rapp, cheval âgé de neuf ans, pesant 526 kil.

	kil.		kil.		kil.		kil.
1re pesée, n° 1...	2039	n° 2.	1983	les deux lots	4022	cheval moyen	502,8
2e pesée.	2046		2013	id.	4059	id.	507,4
En 63 jours, gain.	7	gain.	30	gain.	37	gain.	4,6

On voit que pendant deux mois d'un régime dans lequel 14 kil. de pommes de terre remplaçaient 5 kil. de foin, le poids des chevaux est resté stationnaire. Cette expérience montre, par conséquent, que l'équivalent des tubercules consommés ne doit pas différer beaucoup de 280.

OBSERVATION VI.

Topinambours substitués à une partie du foin.

On a replacé les chevaux dans les conditions où ils se trouvaient lors de la deuxième observation. 14 kil. de tubercules ont remplacé 5 kil. de foin. Le lot n° 2 a été mis seul en expérience, durant seize jours, après avoir reçu cette ration pendant quelque temps.

	kil.		kil.
1re pesée, n° 2.....	1998	cheval moyen	499,5
2e pesée.	1998,5	id.	499,6
En 16 jours, gain..	0,5	gain.	0,1

Ce résultat confirme celui qui a été obtenu dans la deuxième observation.

OBSERVATION VII.

Introduction de la betterave dans la ration du cheval.

Les chevaux s'accoutument facilement à manger de la betterave; on donne cette racine coupée en tranches et mêlée à de la paille hachée. J'ai substitué 20,5 kil. de betteraves champêtres à 5 kil. de foin normal; en supposant 400 pour l'équivalent de la racine, la ration devient :

Foin.....	5 kil.
Paille.....	2,5
Avoine.....	3,29
Betteraves.....	20

Un cheval, après avoir été lesté, a été mis à ce régime pendant quinze jours.

1re pesée.....	461 kil.
2e pesée.....	465
En 15 jours, gain.....	4

Le cheval a exécuté un travail assez fort, mais très-régulier; il était employé tous les jours, pendant huit heures, à faire tourner l'arbre d'une machine à molettes. Son état n'a pas varié, et les déjections étaient convenables.

Durant l'hiver 1841-42, nos vaches ont consommé une proportion considérable de betteraves. Pour remplacer 15 kil. de foin, ration des vaches, nous avons réuni :

Foin.....	5 kil.
Betteraves.....	33
Paille.....	2

Avec ce régime, le poids de la population d'une étable était :

Le 29 janvier de.....	11189 kil.
Le 21 avril.....	12040
Augmentation due aux naissances, à la croissance.	851

On voit que, dans l'alimentation du bétail, la proportion de betterave peut être poussée fort loin; mais on reconnait aussi que la valeur nourrissante de cette racine est peu élevée, du moins à Bechelbronn, où nous sommes obligés de remplacer 9 à 10 de foin par 40 de racines.

OBSERVATION VIII.

Introduction du rutabaga dans la ration, en remplacement d'une partie du foin.

Le rutabaga, associé à un fourrage sec, convient parfaitement à la nourriture du cheval; une analyse ayant donné 280 pour équivalent de cette racine, on a soumis deux chevaux à la ration suivante, dans laquelle 5 kil. de foin sont remplacés par le rutabaga :

Foin.....	5 kil.
Paille.....	2,5
Avoine.....	3,29
Rutabaga.....	14

Au bout de quelques jours, on s'aperçut que les deux chevaux souffraient de ce régime, qu'ils n'étaient pas suffisamment nourris. En effet, la ration avait été insuffisante.

Digitized by Google

1re pesée avait indiqué.	1038 kil.	cheval moyen	519 kil.
9 jours après, 2e pesée..	990	id.	495
En 9 jours, perte.....	48	perte.	24

Dans une autre expérience, on a pris 400 pour équivalent du rutabaga, qui entrait alors dans la ration ci-dessus pour 20 kil.; les mêmes chevaux ont été mis à ce régime pendant treize jours.

1re pesée.....	990 kil.	cheval moyen	495 kil.
2e pesée.....	995	id.	497,5
En 13 jours, gain.	5	gain.	2,5

Les chevaux se sont maintenus sans reprendre leur vigueur et sans recouvrer leur poids primitif. On a conclu de là que, très-probablement, l'équivalent du rutabaga est encore supérieur à 400; il est vraisemblable que sa valeur nutritive est aussi faible que celle du navet.

OBSERVATION IX.

Introduction de la carotte dans la ration.

La carotte plaît singulièrement aux chevaux. Il est peu de racines fourragères dont on ait autant exagéré la valeur nourrissante. Néanmoins, dans une circonstance où, dans notre écurie, on remplaça la pomme de terre de la ration par un poids égal de carotte, on obtint un fort mauvais résultat. On substitua ensuite la racine au tubercule, d'après l'équivalent 350; et l'on n'eut pas encore lieu d'être complétement satisfait. Nous croyons maintenant qu'il faut

peut-être 400 kil. de carotte pour nourrir autant que 100 kil. de bon foin.

La récolte de carotte ayant manqué en 1841, j'ai dû me borner à une observation faite sur un seul cheval dans la ration duquel 17,5 kil. de racine remplaçaient 5 kil. de foin.

Le cheval lesté pesait.	466 kil.
Quinze jours après...	461
En 15 jours, perte...	5

Le cheval s'est maintenu en bonne condition: ainsi l'équivalent 350 semblerait assez exact; mais nos palefreniers l'ont considéré comme exprimant une valeur nutritive un peu trop forte : opinion que justifierait la diminution de poids, si la différence observée entre les deux pesées pouvait ne pas être due à une variation accidentelle.

OBSERVATION X.

Introduction du seigle cuit en remplacement de l'avoine.

M. Puvis a annoncé que le seigle cuit, jusqu'à rupture du grain, remplace un volume d'avoine égal au sien dans la nourriture du cheval. L'expérience que nous avons faite est loin de confirmer l'utilité de ce régime. Par des essais préliminaires, nous avons trouvé que l'hectolitre de seigle, pesant 75,6 kil., double son volume par la cuisson.

Les deux chevaux, mis en observation, étaient nourris depuis longtemps avec une ration diurne formée de :

Foin.....	10 kil.
Avoine.....	2,5 = 5 litres.

A l'avoine on a substitué 5 litres de seigle cuit, contenant 2,5 litres de seigle cru pesant 18,9 kil.

Le onzième jour, on jugea prudent de faire cesser l'expérience, dont voici le résultat :

1re pesée, poids des chevaux :	914 kil.	cheval moyen	457 kil.
2e pesée.	876	id.	438
En 11 jours, perte.....	38	perte.	19

Comme on devait s'y attendre, ce régime, dans lequel de l'*eau* remplace de l'avoine, était insuffisant; en le prolongeant, on aurait certainement compromis la santé des animaux qui le subissaient.

Le seigle légèrement cuit peut certainement prendre la place de l'avoine dans la ration du cheval, mais il faut qu'il intervienne suivant son équivalent. C'est ainsi que M. Dailly a nourri avec avantage les chevaux de la poste de Paris, à une époque où le prix de l'avoine, comparé à celui du seigle, permettait la substitution.

L'expérience si décisive et si habilement dirigée de M. Dailly m'a dispensé de continuer les recherches sur la valeur nourrissante du seigle.

La commission d'hygiène vétérinaire instituée au ministère de la guerre a fait des expériences nombreuses sur l'alimentation des chevaux de troupes; je présenterai un résumé succinct de ses travaux.

§ 1. — Substitution de l'avoine et de la paille au foin de la ration. — Nourriture avec un seul fourrage.

Six chevaux mis en observation furent choisis dans le 3e régiment de lanciers. On les plaça dans une écurie de l'école militaire, en les espaçant de un mètre quatre-vingts centimètres. Durant toutes ces expériences le capitaine instructeur, avec le concours d'un officier et du vétérinaire en premier, exerça une surveillance active. L'un des meilleurs brigadiers attaché au service de l'écurie fut chargé de la distribution des fourrages. Une bascule-balance permettait de peser toutes les vingt-quatre heures les animaux et les aliments ; la boisson était mesurée avec soin. Les six chevaux étaient soumis au même travail que ceux du régiment ; chaque fois qu'ils rentraient des manœuvres, le vétérinaire les examinait avec attention et interrogeait le cavalier sur les remarques qu'il avait pu faire pendant qu'il était en selle.

Première expérience. — Variation dans la proportion des aliments.

Les chevaux, après être restés durant douze jours à la ration réglementaire, formée de :

		Foin.	Paille.	Avoine.
		3 k.	5 k.	4,10 k.
Ont reçu pendant 24 jours, les nos	1, 2	3	3	6,15
	3, 4	4,5	5,5	2,05
	5, 6	1,5	6,5	4,10

Pesées, avant :	n° 1	444 k.	n° 3	432 k.	n° 5	490 k.
	n° 2	484	n° 4	470	n° 6	462
Somme.....		928		902		952

Après :	n° 1	459	n° 3	425	n° 5	487
	n° 2	502	n° 4	475	n° 6	462
Somme.....		961		900		949
En 24 jours, gain.		33	. perte.	2	perte.	3

Deuxième expérience. — Suppression d'un des aliments dans la ration. On procède par lots de 3 chevaux.

Ont reçu pendant 32 jours, les nos 1, 2, 3, paille 8 k. avoine 4,10 k.
4, 5, 6, foin 8 avoine 4,10

Pesées, avant :	n° 1	456 k.	n° 4	476 k. (1)
	n° 2	493	n° 5	494
	n° 3	422	n° 6	474
Somme.....		1371		1444
Après :	n° 1	450	n° 4	490
	n° 2	480	n° 5	495
	n° 3	405	n° 6	470
Somme.....		1335		1455
En 32 jours, perte.		36	gain.	11

Troisième expérience. — Ration formée d'un aliment unique.

Ont reçu pendant 18 jours, les nos 1, 2, paille 12 kil.
nos 3, 4, foin 12
nos 5, 6, avoine 12

Pesées, avant :	n° 1	475 k.	n° 3	434 k.	n° 5	489 k.
	n° 2	505	n° 4	482	n° 6	470
Somme.....		980		916		959

(1) Ces pesées ne répondent pas à celles de l'expérience précédente, par la raison que j'ai omis plusieurs expériences intermédiaires.

Après :	n° 1	455	n° 3	425	n° 5	463
	n° 2	489	n° 4	462	n° 6	459
Somme.....		944		887		922
En 18 jours, perte.		36	perte.	29	perte.	37

Quatrième expérience. — Ration formée d'un aliment unique. Les lots sont intervertis.

Ont reçu pendant 15 jours, les nos 1, 2 foin 12 k.
nos 3, 4 avoine 12
nos 5, 6 paille 12

Cette expérience a suivi la troisième.

Pesées, avant :		944 k.		887 k.		922 k.
Après :	n° 1	465	n° 3	395	n° 5	496
	n° 2	492	n° 4	477	n° 6	464
Somme.....		957		872		960
En 15 jours, gain.		13	perte.	15	gain.	38

Cinquième expérience. — Ration formée par un aliment unique. Les lots intervertis.

Ont reçu pendant 18 jours, les nos 1, 2 avoine 12 k.
nos 3, 4 paille 12
nos 5, 6 avoine 12

Pesées, avant :		957 k.		872 k.		960 k.
Après :	n° 1	454	n° 3	399	n° 5	499
	n° 2	445	n° 4	472	n° 6	456
Somme.....		899		871		955
En 18 jours, gain.		42	perte.	1	perte.	5

Sixième expérience. — Les chevaux avaient été mis pendant 25 jours à la ration réglementaire.

Ont reçu en 14 jours, les nos 1, 2 avoine 4 k. paille hachée 8 k.
nos 3, 4 foin haché 8 k.
nos 5, 6 avoine concassée 6 k.

Pesées, avant :		917 k.		865 k.		942 k.
Après :	n° 1	440	n° 3	395	n° 5	485
	n° 2	456	n° 4	449	n° 6	440
Somme.....		896		844		925
En 14 jours, perte.		21	perte.	21	perte.	17

Septième expérience, a suivi la sixième. — Lots formés de trois chevaux. On compare le seigle à l'avoine.

Ont reçu en 47 jours, les n°s 1, 2, 3 orge 2 k. avoine 2 k. paille 8 k.
n°s 4, 5, 6 seigle 2 avoine 2 paille 8

Pesées, avant :	n°s 1, 2, 3 : 1291 k.		n°s 4, 5, 6 : 1374 k.	
Après :	n° 1	430	n° 4	447
	n° 2	447	n° 5	477
	n° 3	382	n° 6	436
Somme.....		1259		1360
En 47 jours, perte.		32	perte.	14

Huitième expérience, a suivi la septième. — Orge comparée au seigle. Lots de trois chevaux.

Ont reçu en 29 jours, les n°s 1, 2, 3 orge 4 k. paille 8 k.
n°s 4, 5, 6 seigle 4 paille 8

Pesées, avant :		1259 k.		1360 k.
Après :	n° 1	450	n° 4	452
	n° 2	447	n° 5	475
	n° 3	387	n° 6	440
Somme.....		1284		1367
En 29 jours, gain.		25	gain.	7

Neuvième expérience, a suivi la huitième.—Farine d'orge comparée au son.

Digitized by Google

Ont reçu en 20 jours, les nos 1, 2, 3 farine d'orge 4,10k. paille 5k. foin 3k.
nos 4, 5, 6 son 4,10 paille 5 foin 3

Pesées, avant :		1284 k.		1367 k.
Après :	n° 1	436	n° 4	449
	n° 2	445	n° 5	488
	n° 3	395	n° 6	440
Somme.....		1276		1377
En 20 jours, perte.		8	gain.	10

Observations.— *Expérience première.*— Le cheval n° 4, à son entrée dans l'écurie, buvait 35 à 45 litres d'eau par jour, aussi rentrait-il souvent en nage quand il revenait de la promenade; son poil était terne; il avait presque toujours la diarrhée. On l'a rationné à 20 litres d'eau : la diarrhée a cessé; le poil est devenu brillant.

Le n° 2 a beaucoup augmenté; ce cheval mangeait fort lentement, et lorsqu'il était à l'escadron, une partie de sa ration était consommée par ses voisins; dans l'écurie expérimentale il a pu la manger en totalité; cette circonstance a sans doute contribué à l'augmentation de poids qu'il a éprouvée. L'état des autres chevaux n'a pas changé.

Expérience deuxième. — Les numéros 1, 2 et 3 sont restés dans les mêmes conditions de vigueur. Les numéros 4, 5 et 6 ont mangé toute leur ration d'avoine et de foin; mais les cavaliers les ont trouvés mous; ils transpiraient beaucoup. Le numéro 6 a présenté le huitième jour les symptômes d'une congestion pulmonaire.

En 32 jours, le lot mis à la paille et à l'avoine a bu 1580 litr. d'eau.
le lot mis au foin et à l'avoine 2021

Expériences troisième, quatrième et cinquième.— Des chevaux nourris exclusivement à la paille, au foin et à l'avoine, n'ont pas mangé la totalité de la ration, et, résultat bien singulier, c'est avec la ration exclusive d'avoine que le résidu a été le plus fort.

Le poids de chacun des aliments donnés pendant ces trois expériences, dont la durée a été de 51 jours, a été de 1224 kilogr.

	ALIMENT laissé	ALIMENT consommé.	Eau bue.
Paille.....	191 kil.	1033 kil.	1351 litres.
Foin.....	132	1092	1939
Avoine.....	510	714	778

En moyenne, chaque cheval a pris par jour :

	kil.	
Paille.....	10,13	
Foin.....	10,72	
Avoine.....	7,63	
Eau.....		13,3 litres.

Les chevaux nourris à l'avoine n'ont consommé que le tiers environ de ce qu'on leur avait donné. Leur urine, peu abondante, était *jumenteuse, acide*, tandis que celle des chevaux au régime exclusif de la paille ou du foin est restée constamment alcaline ; sous l'influence de ces deux aliments les chevaux ont moins bu; les cavaliers les ont trouvés très-vifs et très-vigoureux.

En moyenne, on trouve que, par jour, un cheval a perdu en poids :

	kil.
En consommant de la paille.....	0,30
— du foin.....	0,56
— de l'avoine.....	1,24

Tout considéré, le régime alimentaire exclusif n'a pas été très-défavorable ; la santé des chevaux s'est conservée, et en somme la perte n'a pas été aussi forte qu'on pourrait l'imaginer en examinant isolément les expériences.

Ainsi, au commencement les 6 chevaux pesaient	2845	kil.
51 jours après.....	2725	
Perte totale.....	120	
Perte par jour et par cheval.....	0,39	k.

J'ajouterai que ces pertes sont probablement dues à quelques difficultés de pesage ; et j'en vois en quelque sorte la preuve dans cette circonstance, qu'après le régime exclusif, dont l'effet aurait été une diminution de poids sur les animaux sans affaiblir leur vigueur, les six chevaux ayant été remis à la ration réglementaire pendant vingt-cinq jours, ont pesé alors 2724 kil., précisément ce qu'ils pesaient après les cinquante et un jours d'expérience, durant lesquels ils avaient été rationnés avec un seul aliment.

Expérience sixième. — Les deux chevaux ont mangé l'avoine donnée avec la paille hachée, en laissant environ 2 kilog. de paille.

Les deux chevaux recevant du foin haché laissaient dans le râtelier 4 kilog. de fourrage ; ils n'ont donc mangé, chacun, que 6 kilogrammes de foin haché.

Les deux autres chevaux se sont bientôt dégoûtés de l'avoine concassée ; ils en laissaient 3 kilog. par jour. Ils devinrent tristes, et s'ils n'eussent pas

été muselés après leur repas, ils auraient mangé leur litière. Ils ont perdu de leur énergie.

Expérience septième. — Les chevaux ont mangé l'orge, le seigle et l'avoine; mais ils ont laissé chaque jour 2 kilog. de paille dans le râtelier; les chevaux nourris avec de l'orge ont montré plus d'énergie que ceux nourris avec le seigle.

Expérience huitième. — L'orge et le seigle ont produit à très-peu près les mêmes effets. Les chevaux préfèrent l'orge.

Expérience neuvième. — En moyenne, le poids des chevaux n'a pas varié.

§ 2. — Expériences sur la substitution du foin nouveau au foin ancien dans l'alimentation des chevaux de troupes.

C'est une opinion généralement admise que l'usage du foin récemment récolté altère la santé des chevaux. Aussi le règlement concernant les subsistances militaires prescrit, sauf des cas extraordinaires, de ne pas distribuer le fourrage nouveau avant le 1er septembre dans le midi de la France, et avant le 1er octobre dans le nord. Il naît de cette prescription de grandes difficultés pour le service. C'est afin de rechercher si les fourrages nouveaux influent défavorablement sur la santé des chevaux, que la commission d'hygiène vétérinaire a entrepris une suite d'expériences dans un des cadres du 3e régiment de hussards.

Première expérience. — Deux chevaux ont été soumis à la ration réglementaire, dans laquelle on a

substitué 4 kilog. de foin tout récemment récolté, à 4 kilog. de foin ancien. Ces animaux sont restés pendant deux mois et demi à ce régime contraire aux prescriptions du règlement; néanmoins leur santé a été très-bonne; ils ont constamment fait leur service.

Deuxième expérience. — Deux autres chevaux ont reçu pendant soixante et quinze jours, pour ration, par tête.

	kil.
Foin nouveau.	6,5
Avoine.....	3,2
Paille.....	0,0

En doublant la proportion du foin, dans cette ration, on voulait rendre les effets du fourrage nouveau plus apparent. Les chevaux, après s'être montrés un peu mous pendant quinze jours, ont repris ensuite toute leur énergie; ils ont augmenté d'environ 16 kilog.; le foin nouveau leur a été favorable.

Troisième expérience. — Deux chevaux ont été mis au régime du *foin nouveau* pour toute nourriture; chaque cheval en recevait, comme ration, 13 kilog. Cette alimentation exclusive a duré soixante-quinze jours, pendant lesquels les chevaux ont continué leur service. Dans les trois premières semaines ils transpiraient plus que d'habitude; mais cette disposition s'est promptement dissipée; les chevaux ont été vigoureux; leur poids a augmenté de 10 kilog.

§ 3. — Expériences sur l'usage de l'avoine nouvelle.

On attribue à l'avoine nouvelle des effets assez malfaisants pour que les règlements militaires défen-

dent de la distribuer aux chevaux de troupes dans les deux mois qui suivent la récolte. La commission d'hygiène vétérinaire a expérimenté précisément pendant ces deux mois sur quatre chevaux. Dans la ration du cheval il est entré 3,2 kilog. d'avoine nouvelle à la place de la même quantité d'avoine ancienne. Il n'est résulté aucun inconvénient de cette substitution ; les chevaux ont continué leur service de la manière la plus satisfaisante, en conservant une santé excellente.

Ces résultats demandaient à être confirmés par des observations plus nombreuses, faites sur une plus grande échelle. En conséquence, sur l'avis de la commission d'hygiène, M. le ministre de la guerre donna des ordres pour que les expériences fussent continuées dans plusieurs divisions militaires. Elles eurent lieu :

A Melun, dans le 10e dragons ;

A Lunéville, dans les 4e et 6e hussards ;

A Strasbourg, dans le 9e et le 14e d'artillerie.

Des rapports adressés par les chefs de corps la commission a tiré les conclusions suivantes :

1° Que le foin nouveau substitué au foin ancien, la proportion de paille et d'avoine étant conservée dans la ration, n'a point nui à la santé des chevaux, et que, s'il a apporté quelques modifications dans leur état d'embonpoint, ces modifications ont été favorables ;

2° Que le foin nouveau, substitué au foin ancien et à la paille dans les proportions règlementaires

pour ce dernier fourrage, a déterminé quelques légers changements dans la nature et la quantité des déjections, mais que ces changements, passagers d'ailleurs, n'ont pas coïncidé avec une altération dans la santé, l'embonpoint et la vigueur des chevaux; que cependant, par suite de la suppression de la paille, les chevaux manquant de litière, cette substitution a été moins avantageuse que la première;

3° Que le foin nouveau donné comme nourriture exclusive a produit des désordres dans les fonctions, et qu'il a principalement occasionné une perte d'embonpoint et surtout de vigueur, résultats d'ailleurs qui s'étaient présentés avec le foin ancien dans les expériences faites par la commission sur les chevaux du 3e régiment de lanciers ;

4° Enfin, que l'avoine nouvelle substituée à l'avoine ancienne ne possède pas les qualités malfaisantes qu'on lui attribue.

§ 4. — Expériences sur l'introduction des fourrages provenant des prairies artificielles dans la nourriture des chevaux de l'armée.

D'après le cahier des charges pour la fourniture des fourrages destinés aux chevaux de l'armée, le foin des prairies artificielles n'est admis qu'exceptionnellement dans la composition de la ration, et dans le cas seulement où la pénurie du foin des prairies naturelles aurait rendu la substitution nécessaire.

Cependant, l'agriculture retirant un parti avantageux du foin de trèfle et de luzerne pour l'alimentation de ses attelages, M. le ministre de la guerre,

Digitized by Google

sur l'avis de la commission d'hygiène, ordonna une série d'expériences, à l'effet de s'assurer si ces fourrages pourraient concourir sans inconvénient à l'alimentation des chevaux de troupes.

Substitution des fourrages des prairies artificielles au foin dans la ration réglementaire.

Cent quarante chevaux, formant un escadron du 3e régiment de hussards, ont été mis en observation. L'escadron étant divisé en quatre pelotons de force à peu près égale, on a essayé simultanément quatre fourrages, à savoir : 1° le trèfle ; 2° le sainfoin ; 3° la luzerne; 4° le regain de luzerne. 4 kilog. de chacun de ces fourrages par jour et par cheval ont remplacé le même poids de foin. Pendant les trois mois que l'escadron a reçu la substitution, la commission a reconnu, avec les officiers du corps, que tous les chevaux ont éprouvé une amélioration notable.

Nourriture exclusive avec la luzerne, le sainfoin et le trèfle.

Six chevaux ont été mis dans une écurie isolée par lot de deux têtes ; chacun des lots recevait une espèce de fourrage : ce régime exceptionnel a été prolongé pendant trois mois. Les chevaux ont fait le service et les exercices; néanmoins ils ont acquis de l'embonpoint. L'état sanitaire s'est maintenu dans de très-bonnes conditions.

Nourriture exclusive avec les feuilles ou avec les tiges des foins de prairies artificielles.

Six chevaux du 3e régiment de lanciers, en garnison à Paris, reçurent pour seul aliment : le n° 1, des feuilles de sainfoin ; le n° 2, des feuilles de luzerne ; le n° 3, des feuilles de trèfle, tandis que les numéros 4, 5 et 6 n'eurent autre chose à manger que les tiges des mêmes plantes ; chacun de ces chevaux ne recevait qu'une seule espèce de tige.

Ce régime a été maintenu pendant six mois, et l'on eut l'occasion de constater un fait bien inattendu, c'est que les feuilles étaient beaucoup moins recherchées par les chevaux que les tiges.

Les chevaux nourris uniquement avec les feuilles ont conservé leur embonpoint et leur vigueur ; ils n'ont pas gagné, ils n'ont pas perdu ; mais il y a eu amélioration évidente, sous les deux rapports, chez les chevaux alimentés avec les tiges.

Foin de prairies artificielles substitué à la ration ordinaire.

Vingt-quatre chevaux du 4e régiment d'artillerie ont été divisés en trois lots de huit têtes. A chacun des lots on a donné, par cheval, pour un jour, 14,7 kil. de l'un des fourrages sur lesquels on expérimentait : le trèfle, la luzerne et le sainfoin. Les expériences ont duré trois mois.

Les chevaux se sont maintenus en bonne santé ; ils ont bu davantage qu'alors qu'ils étaient au régime

réglementaire; il y a eu développement dans le volume de l'abdomen.

Foin des prairies artificielles substitué au foin ordinaire, tout en conservant paille et avoine dans la ration.

Dans onze régiments, un escadron a subi cette substitution pendant trois mois; on l'a prolongée durant cinq mois dans le 3e de hussards. Le nombre total des chevaux mis en expérience s'élevait à 1,200.

Les résultats obtenus ont établi que le foin de trèfle, de luzerne ou de sainfoin est une nourriture très-convenable au cheval de troupes. Un fait important, signalé par la commission, c'est que, dans les 399 chevaux du 3e hussard, soumis au régime de ce fourrage, il ne s'est pas présenté un seul cas de morve.

En 1845, le ministre de la guerre ordonna que, dans soixante-trois régiments, les fourrages des prairies artificielles entreraient dans la ration. Le plus généralement, la quantité de trèfle ou de luzerne substituée au foin des prairies naturelle a été d'un tiers.

Il résulte, soit des expériences de la commission d'hygiène, soit des expériences faites dans les régiments sur plus de 27,000 chevaux :

1° Que les feuilles et les tiges du foin de prairies artificielles peuvent être données séparément, sans inconvénient, aux chevaux;

2° Que le foin des mêmes prairies peut, sans inconvénients, devenir une nourriture exclusive, ce

qui n'a pas lieu avec le foin des prairies naturelles; que les chevaux nourris avec du trèfle ou de la luzerne ont conservé leur embonpoint et leur vigueur; que chez les chevaux alimentés avec du sainfoin, la vigueur a augmenté; que, cependant, ce genre d'alimentation a contribué au développement de l'abdomen, particulièrement chez les animaux consommant du trèfle; inconvénient à peine sensible chez les animaux rationnés avec du sainfoin;

3° Que les foins des prairies artificielles doivent être divisés comme il suit, en raison de leur qualité nutritive : le sainfoin, la luzerne, le trèfle;

4° Que le foin des prairies artificielles, introduit concurremment avec le foin ordinaire dans la ration, a généralement contribué à améliorer la santé et à augmenter la vigueur des chevaux de l'armée;

5° Qu'en variant la nourriture, le fourrage nouveau excite l'appétit des chevaux (1).

Fourrages verts comparés aux fourrages fanés

Les éleveurs attribuent aux fourrages verts une qualité bien supérieure à celle des fourrages fanés. MM. Perrault de Jotemps, si familiarisés avec la méthode expérimentale, ont reconnu que, dans la nourriture des béliers, 4 kil. de luzerne, donnés en vert, équivalent à 1,50 kil. de foin de la même plante.

Dans le fanage du trèfle et de la luzerne, on

(1) La commission d'hygiène vétérinaire se compose de MM. Magendie, président; Rayer, Payen, Boussingault, Barthélemy aîné, Berger, Tassy, Laborde, Poinsot; Riquet, secrétaire.

Digitized by Google

éprouve une perte assez forte, due aux feuilles et aux fleurs détachées des tiges, et d'autant plus regrettable qu'elle porte précisément sur des parties très-substantielles. En tenant compte des déchets occasionnés par le fanage, le bottelage et la fermentation dans le fenil, MM. Perrault admettent que 100 kil. de trèfle ou de luzerne fauchés lors de la première fleur donnent 23 kil. de foin. Comme nous l'avons constaté à l'égard du trèfle, le rendement du fanage varie avec l'âge et l'état plus ou moins ligneux de la plante. Voici le résumé des expériences faites par ces habiles agronomes dans leur domaine de la feuillasse (1).

	APRÈS le fanage de pratique.	APRÈS le fanage extrême.	APRÈS fermentation dans le fenil.
	kil.	kil.	kil.
100 kil. de luzerne ou de trèfle coupés à la première fleur se réduisent à.....	27,90	25,66	23,42
100 kil. de trèfle plus avancé en fleur, commençant à perdre des feuilles vers le bas des tiges, se réduisent à.....	35,27	32,44	29,69
100 kil. de trèfle plus avancé encore se réduisent à.....	41,95	38,59	35,31

Selon le chiffre exprimé dans le tableau, 4 kil. de luzerne verte et en fleur représenteraient 0,92 kil.

(1) Perrault de Jotemps, *Journal d'Agriculture pratique*, t. III, p. 97.

de luzerne fanée. Comme il a fallu 1,50 kil. de foin pour remplacer convenablement 4 kil. de la plante verte dans l'alimentation d'un bélier, il s'ensuit qu'en donnant 1,50 kil. de luzerne fanée, c'est réellement comme si l'on eût rationné avec 6,52 kil. de fourrage vert.

Cette méthode est trop indirecte pour décider si réellement les aliments verts perdent une partie de leurs propriétés nourrissantes par le fanage. Les nombres présentés par MM. Perrault prouvent seulement, ce que personne ne conteste, que la manière la plus avantageuse d'utiliser les produits de la prairie artificielle est de les faire consommer en vert, afin d'échapper aux pertes et à toutes les éventualités qu'entraîne nécessairement le fanage. Mais ces nombres n'établissent nullement que la faculté nutritive du trèfle et de la luzerne soit amoindrie par le seul fait de leur transformation en fourrages secs; en un mot, la question physiologique reste intacte. Pendant plusieurs années, j'ai fait diverses tentatives pour la résoudre. Dans ce but, j'ai étudié l'influence que des substitutions alternatives d'aliments verts à des aliments secs exerçaient sur le poids de trente-deux chevaux. Les résultats ont été, tantôt à l'avantage, tantôt au désavantage du régime vert; et, après de nombreuses pesées, je me suis trouvé tout aussi peu avancé que je l'étais en commençant mes expériences.

Je me suis bientôt aperçu que ces résultats contradictoires tenaient à l'imperfection de la méthode.

Digitized by Google

Il est évident, en effet, que les foins avec lesquels on rationnait ayant été obtenus l'année antérieure ne répondaient pas toujours, sous le rapport de la qualité, à celui qu'aurait fourni le trèfle vert auquel on les comparait; et, pour ce dernier fourrage, il se présentait constamment une grande incertitude sur le poids réel de la ration employée, à cause de la plus ou moins forte proportion d'eau, cette proportion variant suivant l'âge de la plante, la nature des terrains, et selon les conditions météorologiques dans lesquelles la fauchaison a eu lieu.

Pour parer à ces causes d'erreur, j'ai disposé l'expérience de tel mode que le fourrage sec consommé représentât rigoureusement celui qu'eût donné le fourrage vert employé concurremment. Mais, comme il est alors indispensable de faner continuellement, opération embarrassante dès qu'on agit sur des quantités assez fortes, je mis en observation un seul animal, une genisse âgée d'environ dix mois.

La genisse était pesée à jeun; on lui donnait une ration de fourrage vert; puis, au même moment, on en prenait une autre, exactement semblable en poids et en nature, que l'on fanait immédiatement, en s'entourant de toutes les précautions convenables pour empêcher la déperdition des parties détachées de la plante pendant la dessiccation : cette ration fanée était conservée dans un sac portant le n° 1. Le deuxième jour, on agissait de la même manière, réservant encore, pour le fanage, une quantité de fourrage exactement pareille à celle qui allait être man-

gée en vert, et cette ration sèche était réservée sous le n° 2; et ainsi de suite.

La génisse restait au vert pendant dix jours : le onzième jour au matin, on la pesait, et alors commençait l'alimentation au fourrage sec. On livrait successivement à la consommation les foins tenus en réserve dans les sacs n° 1, n° 2, n° 3, etc.; de sorte que, durant les dix autres jours, la génisse prenait précisément la même dose et la même qualité d'aliments qu'elle avait reçus dans les jours précédents; il n'y avait d'autre différence, dans les deux régimes, que celle qui dépendait de la présence ou de l'absence de l'eau de végétation. A la fin de l'alimentation sèche, l'animal était pesé. On voit que l'expérience se prolongeait pendant vingt jours. Voici quels ont été les résultats obtenus :

TABLEAU.

DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	FOURRAGE vert consommé.	POIDS de LA GENISSE	FOURRAGE fané consommé.	POIDS de LA GENISSE.	REMARQUES.
	kil.	kil.	kil.	kil.	
1re série.		avant 270		avant 267	Nourriture au trèfle.
10 jours...	236,0	après 267	72,42	après 272	10 jours de vert et 10 jours de sec.
		perte. 3		gain.. 5	
2e série.		avant 306		avant 301	
10 jours...	257,5	après 301	74,63	après 308	Id.
		perte. 5		gain.. 7	
3e série.		avant 329		avant 333	Nourriture au regain de foin.
10 jours....	414,0	après 333	87,70	après 343	10 jours de vert et 10 jours de sec.
		gain.. 4		gain. 10	

Comme je l'ai déjà fait remarquer, avant de tirer une conclusion, il fallait connaître l'étendue des variations accidentelles dans le poids de l'animal mis en observation. Plusieurs pesées consécutives, faites chaque jour aux mêmes heures, ont montré que la plus grande différence atteignait 6 kil. Ainsi, une différence de cet ordre ne saurait être sûrement attribuée à l'influence du régime. On voit, cependant, que les gains constatés à la suite de la substitution de la ration sèche à la ration verte ont été 5, 7 et 10,5 kil., résultats qui sont de nature à faire présumer qu'une même quantité de fourrage nourrit plus quand elle a été fanée; mais il serait prématuré de prendre une semblable conclusion en présence d'ex-

périences aussi peu nombreuses. Ce que ces expériences établissent avec quelque certitude, c'est qu'un poids donné de fourrage sec ne nourrit pas moins le bétail que la quantité de fourrage vert qui la fournit.

Fourrages trempés.

En se fondant sur la supposition que le trèfle ou la luzerne consommés en vert sont plus nourrissants qu'alors qu'ils ont été fanés, certains éleveurs sont dans l'usage de faire tremper les fourrages secs : dans l'opinion de ces praticiens, le foin, le trèfle acquièrent, par l'imbibition, des propriétés nutritives plus prononcées ; 25 kil. de trèfle fané absorbent assez d'eau pour peser 100 kil. après une infusion de douze heures. On voit que, par l'humectation, ce fourrage sec se reconstitue en quelque sorte à l'état de fourrage vert.

On pouvait présumer, dans l'été chaud et sec de 1845, qu'une nourriture humide serait plus profitable au bétail que le foin qu'il recevait par suite de la rareté des herbages, la seconde coupe de trèfle ayant manqué assez généralement. Cette considération m'a déterminé à faire un essai comparatif, dans le but de constater l'effet du fourrage trempé. J'ai confié les détails de cette expérience à M. Eugène Oppermann, qui s'exerçait, à Bechelbronn, à la pratique de l'agriculture.

Quatre genisses, âgées de dix-sept à dix-neuf mois, ont été réparties en deux lots : l'un de ces lots, le

n° 1, a consommé du foin et du trèfle fané ; le lot n° 2 a reçu le même fourrage préalablement trempé pendant douze heures. Chaque lot a d'ailleurs été exactement rationné à raison de 3 kilogrammes de foin pour 100 kilogrammes de poids vivant. Voici le résultat de la première expérience continuée pendant quatorze jours :

POIDS INITIAL.	POIDS après quatorze jours de ce régime.	GAIN TOTAL.	GAIN par jour.	FOURRAGE consommé.
	kil.	kil.	kil.	kil.
Lot n° 1 : 722 kil. (au fourrage trempé).	745	23	1,64	281
Lot n° 2 : 772 kil. (au fourrage sec).....	792	20	1,43	312

Cette expérience a été répétée en intervertissant l'ordre des lots, de manière que le fourrage humide fût consommé par le bétail qui précédemment avait reçu du fourrage sec. Le résultat obtenu n'a pas différé sensiblement de celui qui vient d'être présenté. En effet :

Le lot n° 1, qui a eu l'aliment sec, a gagné en quatorze jours..... 23 kilogrammes.
Le lot n° 2, en consommant du fourrage trempé, a gagné..... 22 kilogrammes.

La légère différence à l'avantage du foin trempé est trop faible pour qu'on puisse affirmer qu'elle ne dépend pas d'une erreur d'observation ; mais cette différence, fût-elle réelle, ne compenserait pas les

frais de main-d'œuvre et les embarras qu'occasionnerait l'opération du trempage.

Dans le cours de ces recherches, M. Oppermann a constaté que le bétail mange plus rapidement le fourrage trempé. Il est arrivé qu'un lot consommait une ration humide en quarante-cinq minutes, tandis qu'un autre lot mettait une heure à faire disparaître la ration sèche.

Une plus grande rapidité dans la consommation présenterait, dans certains cas, de l'avantage; par exemple, dans l'engraissement, où il y a intérêt à faire ingérer le plus tôt possible. Nul doute aussi que le fourrage trempé, d'une mastication plus facile, ne convienne au bétail très-jeune, lorsqu'il passe de l'allaitement à la nourriture végétale. En un mot, le foin sec, après qu'il a absorbé deux à trois fois son poids d'eau, doit offrir les avantages que l'on reconnaît aux fourrages verts, qui, s'ils ne sont pas plus nourrissants que les foins qui en proviennent, sont du moins consommés avec plus d'avidité. Il en résulte qu'un animal mis au vert à discrétion profite généralement plus; c'est probablement ce qui arriverait avec du fourrage trempé, donné dans les mêmes conditions d'abondance.

Curieux de connaître l'influence que pourrait exercer le foin trempé sur la lactation, j'ai fait observer le rendement de deux vaches bien comparables, rationnées avec 3 kilogrammes de fourrage sec pour 100 kilogrammes de poids vivant. A l'une, on a donné du foin trempé; à l'autre, un foin normal : après

quinze jours de ces deux régimes, on ne s'est aperçu d'aucune différence dans la production du lait.

Il n'y a donc aucun motif pour accorder aux fourrages trempés une valeur nutritive supérieure à celle de la matière sèche qu'ils renferment.

Alimentation par les fourrages fermentés.

Quelques agronomes allemands font consommer les fourrages après leur avoir fait éprouver la fermentation. On assure que, de cette manière, on augmente la faculté nutritive des aliments, en ce qu'on favorise la digestion des animaux, et qu'en outre, on utilise des matières de peu de valeur. Enfin, et cette opinion est d'accord avec les principes de la physiologie, la fermentation, en développant de la chaleur dans toute la masse alimentaire, la dispose à l'assimilation en lui communiquant un certain degré de coction, avantage incontestable, au moins au point de vue de la santé du bétail, car tout éleveur sait combien il serait nuisible dans un hiver rigoureux de rationner avec des fourrages qui seraient à la température de l'air extérieur. Si la fermentation n'avait d'autre effet que celui de produire de la chaleur, on pourrait y suppléer par l'intervention de l'eau chaude; mais il est possible qu'elle ramollisse et rende plus aisément digestible certaines matières coriaces, comme les pailles, les fanes extrêmement ligneuses. Ce serait là un avantage incontestable; mais peut-être aussi cet avantage serait-il racheté par un inconvénient grave, la destruction de la ma-

tière sucrée. Il me semble qu'on obtiendrait la plupart des bons effets attribués à la fermentation en lui substituant la macération ou la coction. Au reste, ce genre de question doit être résolu par l'expérience.

Dans le courant de l'hiver de 1849, M. Le Bel a fait à Bechelbronn plusieurs observations intéressantes sur l'emploi comparé des fourrages fermentés. On a procédé ainsi à la préparation des aliments.

On faisait passer au coupe-racine alternativement un panier de betteraves et un panier de navets; la division des tranches de racine était achevée à l'aide d'un hachoir à main. Pour opérer le mélange, on a étendu sur le sol une couche de balle de froment de 20 centimètres d'épaisseur, qu'on a recouverte par une strate de racines hachées de 5 centimètres; puis cette dernière strate, par une autre de balle de 10 centimètres. On a continué de faire ainsi alterner des couches successives des deux fourrages. La dernière strate placée, on a arrosé bien également le tas avec de l'eau, puis on a opéré un mélange intime à l'aide de la pelle, et enfin toute la masse a été introduite et foulée fortement dans une caisse en bois de chêne, pouvant fermer exactement. On a répandu du sel à la surface du fourrage; après avoir recouvert avec un lit de paille, on a posé le couvert de la caisse en le maintenant avec une charge de 100 kilogrammes. Dans ces conditions, la température de la masse s'élève, en quatre jours, de 0 degré à 50 ou 60 degrés.

L'expérience a prouvé à M. Le Bel qu'il ne faut pas pousser la fermentation à ce point; 48 heures

suffisent, et au bout de ce temps la chaleur développée ne dépasse pas 30 à 35 degrés.

Voici les quantités sur lesquelles on opérait ordinairement pour avoir le chargement d'une caisse.

Balles.....	150 kil.
Navets.....	290
Betteraves...	206
Eau.....	80
Sel.....	2
	728

Les résultats auxquels M. Le Bel est arrivé, ne semblent pas, en définitive, favorables à la fermentation. Voici le résumé de ses expériences, sur lesquelles j'aurai l'occasion de revenir.

L'équivalent de 100 kilogrammes de foin a produit en poids vivant et en lait :

	Poids vivant. kil.	Lait. litr.
1re Expérience, fourrage non fermenté.	3,32	6,0
2e Expérience, fourrage fermenté....	5,86	4,1
3e Expérience, fourrage fermenté....	4,41	4,2
4e Expérience, fourrage non fermenté.	7,45	0,9

En moyenne, le fourrage fermenté n'a pas produit de meilleurs effets dans l'alimentation que celui donné en nature.

De la matière inorganique des aliments.

Nous retrouvons dans les animaux les substances minérales dont nous avons constaté l'existence dans les plantes. Les os contiennent une proportion considérable de phosphate de chaux. Il faut donc que les

éléments de ce sel, l'acide phosphorique et la chaux, fassent partie de la ration alimentaire : c'est là un point sur lequel tous les physiologistes sont d'accord ; mais ce qu'on n'a pas encore déterminé, c'est la quantité précise de matière minérale qui doit entrer dans la nourriture. Les analyses de cendres que j'ai rapportées montrent que si les aliments végétaux contiennent tous à peu près les mêmes principes inorganiques, ils les contiennent en proportions fort diverses. Ainsi, la pomme de terre, le froment, l'avoine, les fèves, renferment beaucoup moins de chaux que le trèfle, les pailles de céréales, les pois. Les acides phosphorique et sulfurique, les alcalis ne sont pas moins variables; de sorte que l'on est conduit à se demander si une ration formée de tel ou tel aliment apporterait, à l'animal qui la consommerait, la dose suffisante de principes inorganiques, qu'il doit assimiler journellement pour se maintenir dans un état satisfaisant de santé et de vigueur.

On peut se former une idée des principes minéraux nécessaires dans l'alimentation, d'après ce qu'en contiennent les rations dont une longue expérience a prouvé l'efficacité. Cependant, comme il y a tout lieu de croire que dans nombre de cas les substances minérales sont en excès dans la nourriture, j'ai pensé qu'il pouvait être utile de rechercher, à l'aide de l'analyse, la nature et la proportion des éléments inorganiques assimilés par un individu, afin d'avoir un minimum qui pût servir de base dans les supputations qu'on aurait à faire sur ce

sujet. Mes expériences ont été entreprises dans deux circonstances que je considère comme étant celles où l'assimilation est la plus rapide et la plus complète. En effet, les observations ont eu pour objet un veau en pleine croissance et une vache laitière qui avait été saillie.

Le veau, âgé de six mois, pesait 168 kil. Quelques jours avant de le mettre en expérience, on l'avait nourri avec du foin. Pendant le dosage, qui a duré deux jours, il a consommé $8^k,666$ de fourrage.

Le veau a rendu, le 1er jour, $9^k,77$ d'excréments;
le 2e jour, $9^k,27$

$19^k,04$; desséchés, ils ont pesé $3^k,370$.

Dans ces deux jours, on a recueilli $2^k,534$ d'urine, qui ont donné un extrait pesant 190 grammes. Dans le même espace de temps, le veau a bu 26 litres d'eau.

L'analyse a indiqué dans 100 de :

Foin.....	cendres..	7,6
Excréments desséchés,	cendres..	12,7
Extrait d'urine.....	cendres..	40,0

La composition des cendres provenant du foin consommé et des produits fera connaître d'une manière approchée la quantité et la nature des substances inorganiques assimilées.

Composition des cendres.

	de foin.	d'excréments.	extrait d'urine.
Acide carbonique.....	9,0	2,0	17,3
— phosphorique...	5,3	5,1	0,2
— sulfurique.....	2,4	2,3	7,0
Chlore.....	2,3	1,9	9,9
Chaux.....	20,4	16,0	0,9
Magnésie.....	6,0	6,5	6,0
Potasse et soude.....	17,3	12,5	57,3
Oxyde de fer, alumine.	1,5	1,0	»
Silice.....	33,7	51,0	1,4
Perte.....	2,1	1,7	»
	100,0	100,0	100,0

TABLEAU

PRODUITS RENDUS EN DEUX JOURS.	MATIÈRES sèches.	CENDRES contenues.	ACIDE phosphor.	ACIDE sulfurique	CHLORE.	CHAUX.	MAGNÉSIE.	POTASSE et soude.	OXYDE de fer et alumine.	SILICE.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Excréments secs.....	3370	428	21,8	9,8	8,1	68,5	27,8	53,5	4,3	218,3
Extrait d'urine.....	190	76	0,2	5,3	7,5	0,7	4,8	43,5	»	1,1
Substances minérales rendues.	»	»	22,0	15,1	15,6	69,2	32,4	97,0	4,3	219,4
Foin consommé.....	8666	659	34,0	15,8	15,2	134,4	39,5	114,0	9,9	222,1
Substances minérales fixées en deux jours.....	»	»	12,9	0,7	»	65,2	7,1	17,0	5,6	2,7

Cette expérience indiquerait que le veau a fixé en vingt-quatre heures 6 grammes 1/2 d'acide phosphorique; et, en supposant que cet acide soit entré à l'état de phosphate des os, il a dû se combiner avec 7,8 gr. de chaux. Or, nous trouvons que la chaux assimilée dans l'organisme s'élève à 32,6 gr., c'est-à-dire à plus de quatre fois la quantité nécessaire pour constituer un sous-phosphate. Il est vrai que dans les os le phosphate est toujours réuni au carbonate, les os de bœuf, suivant Vauquelin et Fourcroy, contiennent même 10 de carbonate pour 38 de phosphate. Néanmoins, la chaux des aliments qui aurait été fixée, d'après l'expérience, est encore bien supérieure à ce qu'elle devrait être, si elle concourait uniquement à la formation du tissu osseux. Si cet excès est réel, si l'observation n'est pas affectée d'erreur, il devient vraisemblable que cette base entre dans la constitution des sels à acides organiques répartis dans l'économie animale.

Par une série de pesées, j'ai constaté que le veau, par l'effet de la nourriture au foin, augmentait chaque jour de 630 grammes. Dans ce poids entraient 55,6 gr. de substances minérales, parmi lesquelles le phosphate calcaire des os serait représenté par 14,3 grammes, ou à peu près par 3 pour 100 du *poids vivant* développé pendant vingt-quatre heures.

Dans l'expérience sur la vache laitière, je me suis borné à considérer l'acide phosphorique et la chaux pris et rendus. La vache mise en observation était âgée de quatre ans et pesait 660 kil.; elle portait

depuis deux mois et demi. On l'a rationnée, pendant l'observation, avec le même régime qu'elle recevait depuis quelques jours, et qui se composait, pour vingt-quatre heures, de :

Foin.....	7,5
Paille hachée de froment.	4,5
Betteraves.....	27,0

L'expérience a été continuée pendant quatre jours. Les excréments, l'urine, le lait, ont été dosés. Les cendres des aliments consommés, comme celles des produits rendus, ont été déterminées et examinées chimiquement.

		Silice.	Acide phosphoriq.	Chaux
100 de better. ont laissé cendr.	0,77 cont. p. 100	8,0	6,0	7,0
Paille.....	7,00	51,7	3,5	8,5
Foin.....	6,52 (1)	19,1	5,5	12,4
Excréments secs.....	12,40	65,0 (2)	5,96	10,8

(1) On a trouvé dans les cendres :

	de foin.	d'excréments.
Acide carbonique.....	10,0	1,0
— phosphorique..	5,5	5,96
— sulfurique.....	3,0	2,5
Chlore.....	2,6	2,0
Chaux.....	12,4	10,8
Magnésie.....	5,8	6,1
Silice.....	19,1	65,0
Oxyde de fer, alumine.	0,5	1,5
Par différence : Potasse et soude.....	41,1	5,14
	100,0	100,00

J'ai donné précédemment la composition des cendres des autres substances.

(2) La silice sortie avec les excréments excède sensiblement celle qui est entrée avec les aliments ; malgré tout le soin que l'on peut apporter à une expérience faite sur une aussi grande échelle, on

Lait.....	0,50	»	28,0	24,0
Urine (extrait) (1)....	42,00	»	»	1,0

L'expérience a duré quatre jours. En voici les détals :

TABLEAU.

comprend que lorsqu'une substance inorganique n'est pas assimilée, et que par conséquent on devrait avoir 0 pour différence, on obtienne cependant, à cause des erreurs inévitables, une perte ou un gain au résultat final ; mais cette perte ou ce gain doit être très-faible : c'est ce qui arrive dans cette circonstance pour la silice.

(1) Il y a eu quelque incertitude dans le dosage de l'urine ; mais cette incertitude ne peut pas influer sur le résultat final de l'observation, par la raison que l'urine ne renfermait que très-peu de chaux, et pas sensiblement d'acide phosphorique.

Digitized by Google

Silice, acide phosphorique, chaux, contenus dans les aliments consommés par la vache.

ALIMENTS.		SUBSTANCES minérales contenues.	SILICE.	ACIDE phosphor.	CHAUX.
	kil.	gr.	gr.	gr.	gr.
Betteraves.....	108	832	66,6	49,9	58,2
Paille.....	18	1260	651,4	42,9	107,0
Foin.....	30	1956	373,6	107,6	242,5
Somme.....			1091,6	200,4	407,7

Silice, acide phosphorique, chaux, contenus dans les produits rendus par la vache.

PRODUITS.		SUBSTANCES minérales contenues.	SILICE.	ACIDE phosphor.	CHAUX.
	kil.	gr.	gr.	gr.	gr.
Excréments secs...	13,80	1711	1112,1	102,0	184,8
Lait.....	24,72	123	»	34,4	29,5
Urine (extrait)	4,60	1932	»	»	19,3
Sortis.....			1112,1	136,4	233,6
Entrés.....			1091,6	200,4	407,7
Différence pour 4 j.			+20,5	—64,0	—174,7
Différence par jour.			+ 5,1	—16,0	—43,5

Nous trouvons, pour l'acide phosphorique et la chaux assimilés, dans un jour, 16 gr. et 43 gr. Ici encore la chaux est supérieure à ce qu'elle devait être pour constituer, avec l'acide, le phosphate des os.

De ces recherches, bien insuffisantes sans doute, il résulte cependant que, dans la nutrition d'un veau ou d'une vache saillie, il y a une partie des substances minérales provenant des aliments, définitivement fixés pour concourir à l'accroissement ou à la formation de l'individu. Chez un animal adulte, il était à présumer que cette fixation définitive de principes inorganiques n'avait point lieu, ou qu'elle était bien moins considérable, et qu'on devrait retrouver dans les déjections et les sécrétions tout l'acide phosphorique, toute la chaux, etc., qui avaient été introduits par les aliments. C'est, au reste, ce que confirme l'expérience faite sur un cheval, et dans laquelle les substances minérales rendues ont balancé les substances minérales reçues. Toutefois, de ce que les matières inorganiques expulsées journellement de l'organisme sont à très-peu près égales en quantité, et semblables par leur nature à celles des aliments consommés, il ne faudrait pas en conclure qu'un individu adulte pût se contenter d'une nourriture qui en serait privée. Comme la matière organique, une fraction de la matière inorganique des plantes s'assimile d'abord dans l'organisme, et entre pour un certain temps dans la constitution d'un être vivant, avant d'en être rejetée. Nul doute qu'un animal dont le régime alimentaire n'aurait pas, par exemple, une quantité suffisante de chaux, d'acide phosphorique, etc., n'éprouvât des symptômes fâcheux qui se termineraient évidemment par la mort, si un semblable régime était continué. C'est ce que

prouvent des expériences très-intéressantes, dans lesquelles M. Chossat a nourri des granivores avec un aliment riche en principes azotés et féculents, en acide phosphorique, mais ne renfermant pas une dose convenable de chaux. Durant des recherches antérieures, cet habile physiologiste avait eu l'occasion de s'assurer du besoin qu'ont les pigeons de joindre une certaine quantité de matière calcaire à celle qui se trouve naturellement dans leur nourriture habituelle. Depuis, M. Chossat a nourri des pigeons uniquement avec du blé, dans les cendres duquel, comme nous l'avons constaté, il entre beaucoup de phosphate de magnésie, des sels de potasse et fort peu de chaux. Ces animaux se trouvaient d'abord très-bien de ce régime, ils commençaient par engraisser. Au bout de deux ou trois mois cet état prospère cessait ordinairement, l'animal buvait avec fréquence; les fèces devenaient molles, diffluentes; le poids du corps diminuait, et l'animal succombait entre le huitième et le dixième mois, à la suite d'une diarrhée que M. Chossat attribue à l'*insuffisance de principes calcaires;* accident qui se présente chez l'homme, particulièrement lors du travail de l'ossification. Mais le résultat le plus saillant de ces expériences, c'est l'altération du système osseux. La privation prolongée de substances calcaires a fini par rendre les os des pigeons tellement minces, que même pendant la vie ils se cassaient avec la plus grande facilité. La conclusion à tirer de ces observations, c'est que les sels calcaires dépo-

sés dans le système osseux sont réssorbés, et que cette résorption a lieu quand l'animal ne trouve pas dans l'aliment qu'il reçoit une quantité suffisante des éléments ou de l'un des éléments des os (1).

Un pigeon consomme par jour 30 grammes de froment, donnant à l'état normal environ 0,63 gr. de cendres, dans lesquelles l'analyse indique : acide phosphorique 0,296 gr., chaux 0,018 gr. Cette quantité de chaux serait donc insuffisante pour entretenir dans son état normal le tissu osseux. J'ai cru devoir insister sur les considérations précédentes, parce qu'il est possible de les faire intervenir dans les applications. Il est bon qu'un éleveur, un nourrisseur sache l'influence que les substances minérales exercent dans l'alimentation. Ainsi, pour les animaux en pleine croissance, il ne faut pas négliger de s'assurer si le régime substantiel qui leur est administré est, en outre, capable de nourrir le système osseux. Peut-être qu'en dirigeant l'alimentation du jeune bétail ou des jeunes chevaux, de manière à réduire ou à exagérer l'introduction de certains éléments inorganiques à l'aide de la nourriture, on parviendrait à faire subir à une race telle ou telle modification. Peut-être aussi les règles empiriques recommandées pour diminuer la charpente osseuse du bétail, pour faire prédominer le tissu musculaire ou le tissu adipeux, sont-elles fondées sur les pro-

(1) Chossat, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. XIV, p. 451.

portions d'acide phosphorique, de chaux, de magnésie, etc., contenues dans les divers régimes. On trouvera probablement un jour que l'art de Backwell s'explique par la composition des cendres des fourrages.

Le froment n'est pas le seul grain alimentaire dans lequel la chaux soit quelque fois en quantité insuffisante; le maïs en renferme moins encore (1); et, si celui qu'on récolte sous les tropiques laisse des cendres tout aussi pauvres en principe calcaire, on s'expliquerait bien difficilement comment ce grain convient si bien à l'alimentation. J'ai nourri des mules employées à de rudes travaux, et j'ai vu élever et engraisser des porcs uniquement avec du maïs. Il est vrai qu'il est impossible d'affirmer que des animaux qui ne font pas le sujet d'observations spéciales, ne prennent pas d'autres aliments; c'est aussi une habitude chez beaucoup d'entre eux de manger de la terre, et cette habitude, nous la retrouvons chez des peuplades indiennes, non pas toujours, comme on l'a affirmé, pour tromper le sentiment de la faim

(1) De la cendre de maïs, analysée dans mon laboratoire par M. Letellier, contenait :

Acide phosphorique.....	50,1
Acide sulfurique.....	trace
Chlore.....	trace
Acide carbonique.....	0,0
Chaux.....	1,3
Magnésie.....	17,0
Silice.....	0,8
Potasse.....	30,8
	100,0

Ce maïs a laissé 1,1 de cendres pour 100.

dans des temps de disette, mais par suite d'un goût particulier que les missionnaires appellent un goût dépravé, et qui, depuis que je connais la composition des cendres de maïs, ne me semble plus mériter autant cette épithète (1). Au reste, les sels calcaires et alcalins nécessaires à l'alimentation ne proviennent pas exclusivement de la nourriture. L'eau ingérée par les animaux en fournit une quantité qu'on ne doit pas négliger, quand on cherche à apprécier, dans leur ensemble, les matériaux de la nutrition. Ainsi, un cheval, une vache, en buvant dans un jour de 16 à 50 litres d'eau, prendraient, s'ils étaient abreuvés avec une source aussi pure que l'est celle du puits artésien de Grenelle, 2,3 gr. à 7 gr. de sels dans lesquels dominerait le carbonate de chaux. Une eau moins pure apporterait une proportion de sels bien plus élevée; la Beuvronne, par exemple, en fournirait, dans les mêmes circonstances, 9 grammes et 26 grammes, dont la moitié serait du carbonate calcaire. Ce sont là des minima, car il s'agit ici d'eaux filtrées. Les eaux troubles tiennent souvent en suspension une quantité de matières terreuses supérieure à celle qui est dissoute; c'est ainsi que, dans une expérience faite sur une vache laitière, j'ai constaté que les substances minérales prises à l'abreuvoir s'élevaient à 50 grammes par jour. Toutefois, il est douteux que, même dans le cas le plus

(1) Dans plusieurs bourgades indiennes, j'ai vu châtier des enfants qui avaient été surpris mangeant de la terre.

favorable, la chaux apportée par la boisson suffise pour alimenter le système osseux d'un animal en voie de croissance; mais, chez les adultes, la résorption des éléments des os paraît s'effectuer avec une telle lenteur, d'après les recherches de M. Flourens, qu'on trouvera probablement qu'il ne faut qu'une dose fort limitée de principes calcaires pour réparer les pertes qu'elle occasionne.

J'ai fait voir qu'un veau âgé de six mois reçoit avec son fourrage une quantité d'acide phosphorique qui répond à 36 grammes de sous-phosphate de chaux (phosphate des os). Un veau de quelques semaines, en consommant par jour environ 10 litres de lait, prend 52 grammes de substances minérales, dans lesquelles il entre 24 grammes de sous-phosphate calcaire.

L'importance de l'intervention des principes inorganiques des aliments étant admise, il convient de tenir compte de ces principes dans la composition d'un régime alimentaire. C'est dans ce but que j'ai cru devoir réunir les quantités d'acide phosphorique et de chaux comprises dans les aliments dont les cendres ont été analysées. A l'aide de ces données, on voit de suite la proportion de phosphate des os que peut contenir une ration.

TABLEAU.

Digitized by Google

1000 parties d'aliments à l'état normal contiennent :

ALIMENTS.	SUBSTANCES minérales.	ACIDE phosphorique	CHAUX.	PHOSPHATE des os.	AZOTE.
Foin	62,3	3,37	10,04	7,3	13,0
Trèfle fané	78,5	4,63	18,08	10,2	17,0
Paille de froment	51,9	1,61	4,11	3,5	4,0
Paille d'avoine	33,7	1,07	2,97	2,3	3,0
Pommes de terre	9,6	1,09	0,17	0,3	4,5
Betteraves	7,7	0,46	0,54	1,0	2,5
Navets	5,7	0,35	0,62	0,8	1,9
Topinambours	12,5	1,35	0,29	0,5	3,3
Froment	20,3	9,64	0,60	1,1	19,7
Maïs	11,0	5,51	0,14	0,3	20,0
Avoine	31,7	4,73	1,17	2,2	19,0
Pois	30,0	9,03	3,03	5,6	38,3
Haricots	35,0	9,38	2,03	3,7	43,0
Fèves	30,0	10,26	1,53	2,8	39,0

J'ai fait figurer l'azote dans ce tableau pour montrer la relation qui existe entre la proportion de cette substance et celle de l'acide phosphorique; généralement les substances alimentaires les plus azotées sont aussi les plus riches en acide, ce qui semble indiquer que dans les produits de l'organisation végétale, les phosphates appartiennent aux principes azotés, et qu'ils les suivent jusque dans l'organisation des animaux.

On peut, à l'aide de cette table, se former une idée assez exacte de la quantité de phosphate de chaux contenue dans un régime. Prenons pour exemple la ration donnée au cheval, dans laquelle la moitié du foin a été remplacée par des pommes de terre, un des aliments les moins riches en chaux, et nous trouvons dans :

Google

	kil.		gr.		gr.
Foin.....	12,4	acide phosphor.	41,1	chaux.	121,0
Pommes de terre..	14,0		15,4		2,4
			56,5		123,4

Nombres qui répondent à 124 gr. 2, de phosphate des os et 55 gr. 7 de chaux libre.

Dans la ration normale, un cheval de labour reçoit à Bechelbronn :

	kil.		gr.		gr.
Foin.....	10	contenant acide phosphor.	34	chaux.	100
Paille....	2,5		4		11
Avoine...	3,29		15,5		4
			53,5		115

Soit 117 gr. 6, de phosphate des os et 51 gr. de chaux libre.

J'ai constaté que trois jeunes poulains en pleine croissance, pesant chacun environ 170 kil., consomment par jour :

	kil.		gr.		gr.
Foin.....	9	contenant acide phosphor.	30	chaux.	90
Avoine...	3,29		15		3,8
			45		93,8

qui représentent 99 de sous-phosphate de chaux. Comme conséquence du rapport existant entre l'azote et l'acide phosphorique d'un aliment, il arrive que les équivalents nutritifs renferment à peu près le même poids d'acide phosphorique, de sorte qu'en introduisant dans une ration une proportion convenable de foin ou de trèfle, fourrages abondants

Digitized by Google

en chaux, on est toujours assuré d'administrer un régime convenable au développement du système osseux, quelle que soit d'ailleurs la nature des aliments qui complètent la ration.

TABLEAU.

Digitized by Google

TABLEAU

DE LA CONSTITUTION DES SUBSTANCES VÉGÉTALES ALIMENTAIRES.

DÉSIGNATION.	EAU.	PHOSPHATES et autres sels.	LIGNEUX et cellulose.	MATIÈRES GRASSES.	AMIDON, SUCRE ou analogues.	ALBUMINE, légumine, caséine.	AZOTE.	ÉQUIVALENTS nutritifs déduits de l'azote.	MATIÈRES NUTRITIVES NON AZOTÉES en excès dans l'équival.	MATIÈRES NUTRITIVES NON AZOTÉES manquant dans l'équival.	Paille à ajouter pour compléter l'équivalent.
Foin de prairie.....	13,0	7,6	24,4	3,80	44,4	7,2	1,15	100	»	»	»
Regain de foin.....	14,1	8,0	21,5	3,50	40,5	12,4	1,98	58	»	23	51
Trèfle rouge en fleurs, fané....	20,0	5,0	22,0	3,20	39,2	10,6	1,70	67	»	20	44
Trèfle rouge en fleurs, vert.....	77,0	1,4	6,5	0,90	11,5	3,1	0,50	230	»	20	44
Trèfle rouge avant la fleur, fané.	12,2	8,1	21,1	4,00	41,3	13,3	2,15	54	»	24	53
Id. en vert.....	82,4	1,6	4,2	0,80	8,3	2,7	0,43	267	»	24	53
Luzerne en fleurs, fanée.....	15,0	5,7	22,0	3,50	41,8	12,0	1,92	60	»	21	47
Id. en vert.....	80,4	1,3	5,1	0,80	9,6	2,8	0,45	256	»	21	47
Paille de froment (Alsace).....	26,0	5,1	28,9	2,20	35,9	1,9	0,30	583	98	»	»

Paille de froment ancienne....	12,5	6,0	36,5	2,40	39,9	3,1	0,50	230	49	»	»
Paille de seigle.....	18,6	3,0	32,4	1,50	43,0	1,5	0,24	479	164	»	»
Paille d'avoine (Alsace).....	21,0	3,6	30,0	5,10	38,4	1,9	0,30	383	118	»	»
Paille d'avoine ancienne.....	12,7	4,0	35,4	4,80	40,0	2,1	0,33	287	80	»	»
Paille d'orge d'hiver.....	14,2	4,0	34,4	1,70	43,8	1,9	0,30	383	126	»	»
Feuilles de betteraves.....	90,7	1,4	1,7	0,63	3,0	2,6	0,42	274	»	37	82
Feuilles de carottes.....	82,2	3,6	3,0	1,00	7,0	3,2	0,52	221	»	30	67
Feuilles de vigne.....	74,7	2,0	4,5	2,30	10,6	5,9	0.95	121	»	33	73
Tiges et feuilles de topinambours.	80,0	2,7	3,4	0,80	9,8	3,3	0,53	217	»	25	57
Feuilles de maïs.....	72,0	3,3	5,2	0,90	13,6	6,2	1,00	115	»	32	71
Betterave champêtre.....	87,8	0,7	2,2	0,10	7,9	1,3	0,21	548	»	4	9
Betterave blanche (Silésie).....	84,0	0,6	2,0	0,10	11,7	1,6	0,25	462	6	»	»
Betterave rouge à sucre.....	82,0	1,0	2,5	0,10	11,6	2,8	0,45	256	»	18	40
Canne à sucre mûre.....	74,0	0,5	10,0	0,40	17,1	1,0	0,16	718	77	»	»

Digitized by Google

SUITE DU TABLEAU DE LA CONSTITUTION DES SUBSTANCES VÉGÉTALES ALIMENTAIRES.

DÉSIGNATION.	EAU.	PHOSPHATES et autres sels.	LIGNEUX et cellulose.	MATIÈRES GRASSES.	AMIDON, SUCRE ou analogues.	ALBUMINE, légumine, caséine.	AZOTE.	ÉQUIVALENTS nutritifs déduits de l'azote.	MATIÈRES NUTRITIVES NON AZOTÉES en excès dans l'équival.	MATIÈRES NUTRITIVES NON AZOTÉES manquant dans l'équival.	Paille à ajouter pour compléter l'équivalent.
Pulpe, résidu de betterave.	80,0	0,8	7,0	0,10	10,0	2,2	0,38	303	»	18	40
Pommes à cidre.....	85,6	0,4	2,8	0,05	12,5	1,0	0,16	718	42	»	»
Carotte.....	87,6	0,6	0,7	0,20	9,0	1,9	0,30	383	»	13	29
Carotte blanche.....	86,0	0,6	0,8	0,17	10,9	1,5	0,24	479	5	»	»
Pomme de terre jaune.....	75,9	0,8	0,4	0,20	20,2	2,5	0,40	287	10	»	»
Pomme de terre rouge.....	70,0	0,9	0,6	0,20	25,2	3,1	0,50	230	10	»	»
Topinambour.....	79,2	1,1	1,2	0,30	16,1	2,1	0,33	348	9	»	»
Boussingaultia.....	83,1	1,4	0,4	0,27	10,5	2,3	0,37	311	»	15	33
Navets blancs.....	92,5	0,5	0,3	0,20	5,7	0,8	0,13	884	4	»	»
Navets turneps.....	86,1	0,9	0,4	0,15	10,8	1,6	0,25	460	2	»	»

Navets jaunes	85,0	0,9	0,5	0,20	11,5	1,9	0,50	383	»	3	7
Panais	88,3	0,7	1,0	0,20	8,2	1,6	0,25	460	»	9	20
Rutabaga	91,0	0,6	0,5	0,05	7,0	1,1	0,17	676	»	»	»
Potiron	94,5	0,5	1,0	0,05	2,7	1,5	0,21	348	»	55	73
Choux pommés	90,1	0,8	0,6	0,00	5,3	2,5	0,57	311	»	29	64
Blé rouge	14,5	2,0	2,1	1,50	67,6	12,5	1,97	58	»	8	18
Blé poulard	14,1	1,9	1,5	1,00	65,6	15,6	2,50	46	»	18	40
Blé corné	14,8	1,6	2,5	2,00	65,7	15,6	2,18	55	»	12	27
Farine de blé tendre	12,5	0,8	0,5	1,40	70,8	14,2	2,28	50	»	12	27
Farine de blé corné	11,0	0,9	0,5	1,90	62,4	25,5	3,70	31	»	28	62
Son de blé rouge	21,0	5,0	8,5	4,00	54,6	11,9	1,90	61	»	14	31
Balles de froment	11,5	9,5	20,5	1,40	52,3	5,2	0,85	139	26	»	»
Seigle	16,6	1,9	5,0	2,00	67,6	8,9	1,42	81	8	»	»
Seigle	14,0	2,0	5,5	2,00	66,2	12,5	2,00	58	»	9	20

SUITE DU TABLEAU DE LA CONSTITUTION DES SUBSTANCES VÉGÉTALES ALIMENTAIRES.

DÉSIGNATION.	EAU.	PHOSPHATES et sels.	LIGNEUX et cellulose.	MATIÈRES GRASSES.	AMIDON, SUCRE ou analogues.	ALBUMINE, légumine, caséine	AZOTE.	ÉQUIVALENTS nutritifs déduits de l'azote.	MATIÈRES NUTRITIVES NON AZOTÉES en excès dans l'équival.	MATIÈRES NUTRITIVES NON AZOTÉES manquant dans l'équival.	Paille à ajouter pour compléter l'équivalent.
Farine de seigle	14,5	1,5	0,5	3,00	66,7	13,8	2,20	52	»	12	27
Orge d'hiver	13,0	4,5	2,6	2,80	65,7	13,4	2,14	54	»	12	27
Maïs (Alsace)	17,0	1,1	1,5	7,00	61,9	12,5	2,00	58	»	8	18
Sorgho	13,2	3,4	5,1	6,10	61,6	10,6	1,70	67	»	3	7
Millet	14,0	2,2	2,4	3,00	57,8	20,6	3,30	35	»	27	60
Quinoa blanc	15,0	2,5	1,5	4,50	61,5	15,0	2,40	48	»	16	36
Avoine	14,0	3,9	4,1	5,50	61,5	11,9	1,90	61	»	7	15
Riz	14,6	0,5	0,9	0,50	76,0	7,5	1,20	96	25	»	»
Sarrazin	13,0	2,5	3,5	3,90	64,0	13,1	2,00	58	»	9	20
Fèves de marais	16,0	3,6	3,0	1,50	51,5	24,4	3,90	29	»	33	73

Fèverolles	12,5	3,0	2,9	2,00	47,7	31,9	5,11	23	»	37	82
Haricots blancs	13,0	3,5	2,8	3,00	48,8	26,9	4,30	27	»	34	75
Doliques	14,5	3,7	5,0	1,95	54,6	20,3	3,25	35	»	28	62
Pois jaunes	8,9	2,0	3,6	2,00	59,6	23,9	3,83	30	»	30	67
Pois de Clamart	13,5	2,8	2,6	1,60	55,7	23,8	3,81	30	»	31	69
Lentilles	12,5	2,2	2,1	2,50	55,7	25,0	4,00	29	»	31	69
Vesce	14,6	3,0	3,5	2,70	48,9	27,3	4,37	26	»	33	78
Glands secs décortiqués	20,0	1,6	4,6	4,30	64,5	5,0	0,80	144	51	»	»
Glands verts non décortiqués	56,0	1,0	4,5	2,30	34,2	2,0	0,32	559	83	»	»
Châtaignes pelées fraîches	49,2	1,8	0,8	»	»	3,0	0,48	»	»	»	»
Graine de madia	8,4	4,7	18,0	41,00	5,0	22,9	3,67	31	»	34	76
Graine de lin	12,3	6,0	3,2	39,00	19,0	20,5	3,28	35	»	28	62
Graine de colza	11,0	3,9	5,3	50,00	12,4	17,4	2,78	41	»	22	49
Noix mondées	8,5	1,6	1,7	55,80	16,1	16,5	2,60	44	»	17	38

SUITE ET FIN DU TABLEAU DE LA CONSTITUTION DES SUBSTANCES VÉGÉTALES ALIMENTAIRES.

DÉSIGNATION.	EAU.	PHOSPHATES et autres sels.	LIGNEUX et cellulose	MATIÈRES GRASSES.	AMIDON, SUCRE ou analogues.	ALBUMINE, légumine, caséine.	AZOTE.	ÉQUIVALENTS nutritifs déduits de l'azote.	MATIÈRES NUTRITIVES SON AZOTÉES. en excès dans l'équival.	MATIÈRES NUTRITIVES SON AZOTÉES. manquant dans l'équival.	Paille à ajouter pour compléter l'équivalent.
Chènevis	12,2	2,2	12,1	33,60	23,6	16,3	2,60	44	»	23	51
Graine de pavot	14,7	7,0	6,1	41,00	13,7	17,5	2,80	41	»	26	58
Faine frais	30,0	4,0	41,0	18,70	»	»	»	»	»	»	»
Faine mondé	31,0	3,6	27,0	26,50	3,4	8,5	1,36	85	»	23	51
Tourteau de Madia	11,2	6,7	23,7	15,00	9,8	31,6	5,06	23	»	42	93
Tourteau de lin	13,4	8,3	5,1	6,00	33,2	32,7	5,20	22	»	40	89
Tourteau de colza	10,5	7,7	9,4	10,00	32,5	30,7	4,92	23	»	38	84
Tourteau de noix	6,0	3,2	3,4	9,00	45,6	32,8	5,24	22	»	36	80
Tourteau de chènevis	5,3	3,6	20,0	6,00	38,8	26,3	4,21	27	»	36	80
Tourteau de pavot (Alsace)	6,8	8,8	11,7	8,40	30,8	33,5	5,36	21	»	40	89

Tourteau d'œillette (Artois).....	11,7	6,0	11,1	10,10	25,3	37,8	6,05	19	»	42	95
Tourteau de faines (Nord).....	10,0	6,8	50,6	1,00	6,4	16,8	2,69	45	»	41	91
Tourteau de cameline (Alsace)..	6,5	8,6	9,5	7,00	34,0	54,4	5,51	21	»	40	89
Tourteau d'arachis.....	6,6	»	»	»	»	52,1	8,55	14	»	»	»
Tourteau de sezame.....	10,0	18,0	5,0	8,20	16,5	42,5	6,80	17	»	44	98
Marc de raisin distillé.....	72,6	2,2	4,1	1,70	13,7	5,7	0,59	195	»	14	31
Id. desséché à l'air..	7,1	7,5	14,0	5,60	55,3	12,5	2,00	58	»	14	31
Pain de creton.....	6,7	6,0	»	15,00	»	74,3	11,88	10	»	47	104
Lait de vache.....	87,6	0,8	»	4,20	5,6	3,8	»	189	»	33	73

CHAPITRE XV.

GÉNÉRALITÉS SUR LA DIGESTION ET SUR LA RESPIRATION.

Assimilation. — Sang. — Urine. — Lait. — Tissu musculaire. — Système osseux.

L'appareil digestif, dans les animaux dont l'organisation se rapproche de celle de l'homme, est une cavité formant un long canal replié sur lui-même, qui se dilate, se rétrécit de manière à présenter une succession de poches liées entre elles par des ouvertures plus ou moins étroites. Ce canal est formé par une membrane, *la muqueuse*, garnie de nombreux vaissaux capillaires et de follicules sécréteurs; il est consolidé par une enveloppe charnue de fibres musculaires contractiles, ayant la faculté de faire mouvoir les aliments depuis l'arrière-bouche jusqu'à l'orifice de sortie, en leur faisant parcourir successivement l'œsophage, l'estomac, l'intestin grêle et le gros intestin qui se termine à l'anus. La division mécanique des aliments est opérée par les dents, ou bien, comme chez les oiseaux, dans l'estomac, muni à cet effet de muscles très-résistants, tels que ceux du gésier.

Digitized by Google

Les liquides qui concourent à la digestion sont sécrétés par les glandes salivaires, les follicules gastriques, le foie et le pancréas. Les vaisseaux chylifères, capillaires, absorbent et portent dans l'organisme les produits de la digestion.

Le mouvement de déglutition porte les aliments imprégnés de salive dans l'estomac, poche membraneuse communiquant avec les intestins par une ouverture étroite, le pylore.

La membrane muqueuse qui tapisse la paroi interne de l'estomac, sécrète, sur les aliments ingérés, une liqueur acide, le suc gastrique.

Les aliments, après leur séjour dans la cavité stomacale, sont portés, par une série de contractions de l'estomac, d'abord vers le haut de la cavité, puis ensuite vers le pylore, dont la dilatation périodique laisse passer dans l'intestin grêle le produit de la digestion stomacale.

Dans l'homme, les intestins ont six à sept fois la longueur du corps. Le tube intestinal des carnivores est bien moins développé, mais aussi il l'est davantage chez les herbivores; ainsi, celui du lion n'a que trois fois cette longueur, tandis que les intestins du bélier sont vingt-huit fois aussi longs que l'animal.

C'est dans l'intestin grêle que s'achève la digestion commencée dans l'estomac : comme l'indique son nom, cette partie du tube digestif est très-étroite; elle est tapissée d'une multitude de feuillets et de villosités. Les feuillets ou follicules sécrètent continuellement une matière visqueuse : les villosités, qui

sont autant d'appendices saillants, absorbent les substances élaborées, modifiées par l'intervention de deux agents puissants de la digestion, la bile et le suc pancréatique.

Le chyme, imbibé de bile et de suc du pancréas, est poussé peu à peu par le mouvement vermiculaire du tube vers le gros intestin, où il arrive après avoir perdu de sa fluidité; il devient moins acide, quelquefois même sa réaction est alcaline; sa couleur devient plus foncée, son odeur fétide; il s'en dégage des gaz qui distendent l'intestin. Enfin, le résidu de la digestion, c'est-à-dire les excréments, après s'être accumulés dans le rectum, sont évacués par l'anus.

L'appareil digestif est plus compliqué chez les ruminants qui ont la faculté de ramener dans la bouche, pour les broyer une seconde fois, les fourrages déjà ingérés. L'œsophage de ces animaux n'aboutit pas à un estomac unique; il communique avec plusieurs cavités stomacales; celle dont la capacité est la plus grande est la *panse*; placée à côté du cœur, elle occupe une partie considérable de l'abdomen. Le *bonnet* est en avant de la panse, à droite de l'œsophage; il a, relativement, une petite capacité; sa paroi est garnie d'une membrane disposée en une multitude de cellules polygonales. Vient ensuite, à droite de la panse, une troisième cavité, le *feuillet* dont les larges plis longitudinaux figurent assez bien les feuillets d'un livre. Enfin, le quatrième estomac est la *caillette*, située à la droite du *feuillet*, et dont le nom rappelle la propriété de faire cailler le lait.

De la surface interne de la caillette suinte une abondante sécrétion du suc gastrique.

Les trois premières cavités sont en communication directe avec l'œsophage; le *feuillet* communique avec la caillette. A vrai dire, c'est dans cette dernière cavité qu'a lieu la digestion; les aliments, en séjournant dans les autres, éprouvent seulement un ramollissement, et quand cette préparation n'est pas nécessaire, ils se rendent dans le feuillet, sans passer par la panse et par le bonnet. En effet, lorsque l'animal prend des aliments volumineux, coriaces, comme la paille et le foin, ces substances, parvenues à l'extrémité de l'œsophage, là où il offre la disposition d'une gouttière, en écartent les parois et tombent dans les deux premiers estomacs placés immédiatement au-dessous. Dans l'acte de la rumination, l'aliment humide est saisi par une contraction musculaire, transformé en pelottes et reporté dans l'œsophage, où, par l'effet d'un mouvement vermiculaire s'exécutant du bas en haut, il est dirigé dans la bouche pour y subir une seconde mastication avant d'être avalé de nouveau. Mais, cette fois, en raison de son état de division et de fluidité, la pression de l'aliment dans la partie rétrécie de l'œsophage, n'en écartera pas les parois, il y glissera comme dans un conduit, arrivera directement dans le feuillet, et de là dans la caillette. C'est, au reste, ce qui a lieu lorsqu'une vache prend une nourriture très-divisée et délayée; dans ce cas, elle ne rumine pas.

La digestion est une action purement chimique :

la mastication, en divisant les aliments, les imprègne de salive; il en résulte que le bol alimentaire est avalé plus aisément. La salive ne se borne pas à humecter, elle réagit sur l'amidon, le dissout : c'est un liquide visqueux, tenant en suspension du mucus; généralement elle est alcaline : suivant Berzélius, elle renfermerait une matière particulière, la ptyaline, plusieurs sels alcalins et du phosphate de chaux.

Parvenus dans l'estomac, les aliments, déjà imbibés de salive, se trouvent en contact avec le suc gastrique : c'est un liquide acide, incolore, sans odeur. Par son action, les aliments fibrineux, la viande, se ramollissent, se dissolvent, en se transformant d'abord en *chyme*, masse pulpeuse, dans laquelle les matières albumineuses de la nourriture sont dissoutes et rendues aptes à être absorbées par les capillaires qui les portent dans la circulation, comme il arrive avec les aliments ingérés à l'état liquide. Le suc gastrique, qui désagrége si rapidement la fibrine et l'albumine, n'agit pas sur les substances grasses. On a d'abord attribué les propriétés dissolvantes du suc gastrique à l'acide qu'il contient, et qu'on a considéré successivement comme de l'acide chlorhydrique, de l'acide acétique et de l'acide lactique; mais on a reconnu que les acides, en agissant dans les mêmes conditions de température et de dilution où se trouve le suc acide sécrété dans la digestion, ne dissolvent pas, à beaucoup près, des proportions aussi fortes de fibrine ou d'albumine; ce n'est donc pas à son acidité seulement que le suc gastrique

doit ses propriétés. Mais Schwan trouva qu'on communique aux acides étendus d'eau ces mêmes propriétés, en y faisant infuser des fragments de la membrane muqueuse de l'estomac; et, de plus, il établit que les liquides acides, après avoir été séparés par le filtre, conservaient la faculté de dissoudre, de digérer la viande. Il est, par conséquent, bien prouvé aujourd'hui que le suc gastrique renferme un principe organique spécial, agissant comme dissolvant des matières fibrineuses et albuminoïdes dans l'acte de la digestion. C'est ce même principe qu'on désigne sous les noms de *pepsine*, de *chymosine*.

Dans l'intestin grêle, après avoir franchi le pylore, le chyme reçoit de la bile, sécrétion du foie, liquide, filante, alcaline, d'une couleur verte, d'une saveur amère. La bile, en se dissolvant, rend l'eau mousseuse; elle est formée d'un acide azoté, l'acide choléique uni à la soude (1). Suivant MM. Bouchardat et Sandras, ce serait dans l'intestin que l'amidon se changerait en glucose, par l'intervention de la bile; et, selon M. Bernard, le suc pancréatique exercerait une action toute particulière sur les matières grasses des aliments, en les émulsionnant, les digérant, de manière à les mettre en état d'être absorbés par les chylifères, vaisseaux capillaires qui sucent en quelque sorte la partie du chyme modifié dans ladigestion intestinale, le *chyle*.

Le chyle, à l'état où il pénètre dans les capillaires,

(1) La composition de la bile est donnée à la page 683, t. I.

est un liquide laiteux, blanc, ayant quelquefois une teinte rosée; on y trouve de la fibrine et de l'albumine, et surtout des globules graisseux, particulièrement quand la nourriture digérée renfermait beaucoup de graisse. Le chyle des animaux, dans l'alimentation desquels on a fait entrer de l'huile ou du suif, contient jusqu'à 14 pour 100 de matières grasses.

Les excréments expulsés des intestins sont fournis par les residus indigestibles des aliments, auxquels se réunissent les sécrétions qui n'ont pas été résorbées durant leur parcours dans le tube intestinal.

Dans la cavité de l'estomac, on ne trouve, le plus ordinairement, que de l'air atmosphérique, introduit pendant l'ingestion de l'aliment. L'oxygène de de cet air est promptement absorbé, et déjà, dans l'intestin grêle, il n'y a plus que du gaz azote uni à de l'acide carbonique, à de l'hydrogène pur ou carboné et à de l'hydrogène sulfuré. Chez les animaux en bonne santé, ces gaz sont peu abondants; la nature des aliments a d'ailleurs de l'influence sur leur production. Les gaz renfermés dans l'appareil digestif d'un jeune homme de vingt-quatre ans qui avait pris, deux heures avant son supplice, du fromage de Gruyère, du pain de prison, et bu de l'eau rougie, contenaient :

Digitized by Google

	Estomac.	Intestin grêle.	Gros intestin.
Oxygène.....	11,0	0,0	0,0
Acide carbonique.	14,0	24,4	43,5
Hydrogène pur...	3,6	53,3	4,5 (1)
Azote.....	71,4	20,1	51,0
	100,0	100,0	100,0

Il arrive assez fréquemment que des animaux enflent presque subitement après avoir mangé des fourrages verts; la mort survient ordinairement si l'on n'apporte un prompt secours. La météorisation, c'est le nom de ce grave accident, est due à un developpement considérable de gaz, dans les intestins. Dans un gaz extrait par la ponction, l'analyse a indiqué :

Hydrogène mêlé d'hydrogène sulfuré.	80
Hydrogène carboné.....	15
Acide carbonique.....	5
	100

Quelquefois on combat avec succès la météorisation, en faisant avaler une potion ammoniacale préparée, en ajoutant 15 grammes d'ammoniaque à un demi-litre d'eau. L'acide carbonique, l'hydrogène sulfuré, doivent, en effet, être absorbés par ce mélange, s'il parvient dans la région occupée par les gaz; cependant, dans plusieurs occasions, j'ai vu succomber les animaux malgré son application. C'est que, dans les gaz développés, l'acide carbonique et l'hydrogène sulfuré ne dominent pas toujours; ainsi, M. Pluger, ayant examiné le gaz de deux vaches météorisées, a trouvé que les 4/5 du volume consis-

(1) Avec trace d'hydrogène sulfuré.

taient en oxyde de carbone, gaz que les alcalis n'absorbent pas, et dont on ne débarrasse l'animal que par la ponction.

On a quelques observations sur le temps que mettent à se dissoudre les aliments introduits dans l'estomac sous l'influence du suc gastrique. Spallanzani, ayant fait avaler à des chats du pain renfermé dans des petits tubes percés, reconnut que la dissolution était effectuée au bout de cinq heures. Il fallut neuf heures pour dissoudre de la viande. Tiedmann et Gmelin ont observé que, dans l'estomac du chien, le blanc d'œuf et la fibrine sont presque totalement dissous au bout de quatre heures; l'amidon s'y change en sucre dans le même espace de temps, et la viande est transformée en une masse pultacée. Selon les mêmes physiologistes, le foin abandonne l'estomac des chevaux avant d'avoir subi une désagrégation bien avancée.

Un médecin américain, le docteur Beaumont, a pu étudier, pendant plusieurs années, les phases de la digestion sur un homme atteint d'une perforation de l'estomac ayant son issue au dehors; circonstance qui permettait d'introduire et de retirer les substances que l'on voulait soumettre à l'action de l'organe. Des nombreuses observations du docteur Beaumont on a conclu que la digestion stomacale, chez l'homme, dure environ quatre heures; c'est-à-dire qu'il faut, en général, ce laps de temps pour que les aliments, après avoir été dissous ou transformés en chyme, sortent par le pylore.

Digitized by Google

Ces données, aujourd'hui acquises à la science, sont d'un haut intérêt, mais elles ne suffisent pas pour établir l'intensité et la durée de l'absorption des matières indigérées : cette absorption est très-rapide, comme je vais le montrer en présentant les résultats de quelques expériences que j'ai faites sur des oiseaux.

Les canards, sur lesquels j'ai expérimenté, pesaient 700 à 800 grammes. Avant de les gaver avec telle ou telle nourriture, on les laissait trente-six heures sans manger. On introduisait alors, à une ou plusieurs reprises, l'aliment dont on connaissait le poids et la quantité d'humidité. Après un certain temps, on tuait l'animal; les excréments avaient été recueillis avec soin. On retirait alors la totalité des matières qui se trouvaient, au moment de la mort, dans l'œsophage, le jabot, le ventricule, le gésier et les intestins. Ces matières étaient desséchées et pesées. Comme on connaissait le poids de l'aliment sec qu'on avait donné, on avait, par différence, la quantité de matière alimentaire *sèche* absorbée pendant la digestion. Il suffisait, pour cela, de retrancher le poids des matières recueillies dans l'appareil digestif, de celui des aliments ingérés. Il y avait une seule correction à introduire, dépendante du poids de la matière qui se trouve toujours dans l'estomac et les intestins, alors même qu'un animal est soumis à l'inanition. Par des expériences préalables on avait constaté que ces matières, une fois desséchées, pèsent 2,29 gr. Voici les résultats de quatre expériences :

Digitized by Google

NATURE des ALIMENTS.	POIDS des aliments supposés secs.	POIDS des matières retrouvées (excrements).	POIDS des matières absorbées.	DUREE de la digestion.	MATIÈRES absorbées dans une heure.	REMARQUES.
	grammes.	grammes.	grammes.	heures.	grammes.	
Riz cru.....	151	32,16	118,84	24	4,95	
Riz cru.....	100	27,22	72,78	15	4,85	
Fromage blanc.	42,96	13,07	29,89	12	2,49	Non desséché, le fromage pesait 100 gr.
Blanc d'œuf....	38,34	20,17	18,17	12	1,51	L'albumine coagul. pes. 270.

Ces résultats sont intéressants sous un double rapport : ils montrent d'abord la rapidité de l'absorption exercée par les membranes des voies diges-

tives, et, ensuite, que les matières fortement azotées sont absorbées beaucoup moins rapidement ; la différence d'absorption que l'on rencontre entre le fromage et le blanc d'œuf confirment même cette conclusion ; car le fromage renfermait, uni au caseum, des proportions notables de beurre et de sucre de lait, tandis que le blanc d'œuf représentait à fort peu près de l'albumine pure, sans mélange de substances à composition ternaire. Les conséquences que l'on déduit de ce fait ont leur importance au point de vue de l'alimentation ; car, par des raisons que nous exposerons bientôt, il résulte évidemment qu'une nourriture exclusive en matières azotées est insuffisante pour entretenir la vie, parce que l'animal n'en absorbe pas, dans un temps donné, une quantité suffisante pour suffire à tous les besoins de l'organisme, ce qui explique la nécessité de l'intervention des substances grasses, du sucre, de l'amidon, pour que l'aliment azoté satisfasse à toutes les exigences de la nutrition.

En résumant le phénomène de la digestion, on voit que les aliments en passant par l'estomac et les intestins, subissent une sorte de départ : la partie indigestible, non assimilable, est expulsée ; des matières digestibles absorbées, les unes, solubles, sont portées directement de l'estomac dans le sang déjà en circulation ; les autres, changées succesivement en chyme, puis en chyle pénètrent dans les capillaires où elles ne tardent pas à être assimilées, à s'hématiser, à devenir, en un mot, le sang qui remplace celui que

la respiration détruit d'une manière incessante pendant toute la durée de la vie.

Le sang charrie dans le tissu de tous organes les principes nécessaires à leur nutrition. Il est aussi la voie par laquelle sont éliminées les substances dont le séjour dans l'organisme occasionnerait de grands désordres ; c'est pour les animaux un fluide à la fois réparateur et épurateur ; son action dans les phénomènes vitaux, sa destruction, son renouvellement exigent que ce fluide soit animé d'une certaine vitesse.

Le sang éprouve une importante modification de la part de l'oxygène ; il y a combustion, oxydation, et par suite production de chaleur. Dans les animaux chez les quels l'air n'agit pas immédiatement sur toute la superficie du corps, il existe un organe spécial, le poumon, où le sang revient périodiquement subir les effets de l'atmosphère. Dans son parcours, il dépose dans les tissus des matières assimilables, élimine celles qui seraient nuisibles à l'organisme et recrute les éléments qu'élaborent les voies digestives pour le reconstituer.

Ce mouvement continuel, cette circulation du sang a lieu dans une direction constante, par une force d'impulsion dont le siége est dans le cœur.

Pendant le contact du sang dont le poumon est imbibé avec l'air, il se réalise un phénomène chimique important. Une partie de l'oxygène que l'animal fait pénétrer dans sa poitrine, en respirant, est changé en acide carbonique aux dépens d'une fraction du carbone du sang ; à chacune des expirations qui suit

une aspiration, le volume de gaz acide carbonique mêlé à l'air expulsé des poumons, représente, à très-peu près, le volume de l'oxygène anéanti. L'acide carbonique est moindre, parce que ce n'est pas seulement le carbone qui s'unit à l'oxigène ; une partie de l'hydrogène s'y combine également, de sorte que dans la respiration, indépendamment d'une production d'acide carbonique, il y a formation d'une certaine quantité d'eau qui se confond avec celle émise par la transpiration pulmonaire. Enfin, l'oxydation de quelques-uns des élements du sang contribue à la disparition de l'oxygène de l'air inspiré.

La respiration a donc, par ses produits, la plus grande analogie avec la combustion ; j'ajoute que l'analogie se maintient dans les effets, car, c'est sans aucun doute à l'action chimique réalisée dans l'appareil respiratoire, qu'est due la chaleur animale, la température que possède, à divers degrés mais avec constance, tous les êtres vivants.

La quantité d'oxigène absorbée dans un temps donné, pendant la respiration d'un animal, dépend donc pour la plus grande partie du carbone et de l'hydrogène brûlés ; mais, l'acide carbonique et l'eau formés dans cette circonstance, varient naturellement avec l'espèce, l'âge et le poids des individus.

Les belles expériences de M. Scharling ont donné les nombres suivants comme représentant le carbone brûlé durant la respiration de l'homme.

TABLEAU.

AGE ET SEXE DE L'INDIVIDU.	POIDS de l'individu.	CARBONE brûlé en 24 heures.
	kilogrammes.	grammes.
Homme de 35 ans.....	65,50	219,47
Jeune homme de 16 ans.....	57,75	224,37
Soldat âgé de 28 ans.....	82,00	239,71
Fille de 19 ans.....	55,75	165,88
Garçon de 9 ans et demi.....	22	133,13
Fille de 10 ans.....	23	125,42
Vieillard de 102 ans (1).....	»	141,60

(1) Observation due à MM. Andral et Gavaret.

Des nombreuses observations qu'il a faites, M. Scharling conclut que :

1° L'homme expire des quantités variables d'acide carbonique aux divers époques de la journée.

2° Toutes choses égales d'ailleurs, l'homme brûle plus de carbone quand il a mangé que quand il est à jeun et plus aussi, à l'état de veille, que pendant le sommeil.

3° Les hommes expirent plus d'acide carbonique que les femmes; les enfants brûlent, proportionnellement, plus de carbone que les hommes.

M. Scharling plaçait les individus dans une espèce de guérite d'une capacité limitée, dont l'atmosphère se renouvellait incessamment, en même temps que l'air évacué traversait un appareil propre à condenser l'acide carbonique. Cette méthode expérimentale convient surtout quand on l'applique à l'homme qui, au besoin, vient en aide à l'observateur. Mais elle

serait à peu près impraticable s'il sagissait d'animaux d'un très-grand volume.

J'ai cherché à doser l'acide carbonique, produit dans la respiration du cheval, de la vache et du porc, par une méthode indirecte, moins certaine que celle adoptée par M. Scharling, mais dont l'emploi est en quelque sorte une nécessité.

J'ai fait usage de l'analyse, en examinant comparativement, d'un côté, les aliments consommés, et de l'autre, les déjections et les sécrétions rendus par un animal dont le poids n'augmente pas sensiblement pendant la durée de l'observation. On a ainsi toutes les données pour conclure par différence, la quantité de carbone éliminée par la respiration et la transpiration. Cette méthode permet en outre, de reconnaître si, dans l'acte de la respiration, les animaux émettent de l'azote.

En admettant, comme je l'ai fait en traitant de l'alimentation, qu'un animal, soumis à la ration d'entretien, rend précisément les matières qu'il reçoit, j'ai supposé que pendant son existence, il n'absorbe pas l'azote de l'air qu'il respire : non seulement dans les circonstances ordinaires, les animaux ne prélèvent pas d'azote sur l'atmosphère, mais ils en exhalent constamment comme l'a établi Dulong. Cet azote exhalé provient, en définitive, des aliments consommés, et ce fait, important sous le double rapport de la physiologie et de la physique du monde, est en même temps d'une application si directe à une des plus graves questions de l'agriculture, que je crois

devoir indiquer la méthode expérimentale par laquelle je suis parvenu à le confirmer.

Les observations ont porté sur une vache laitière et sur un cheval adulte; ces animaux furent placés dans des stalles dont le sol était disposé de manière à permettre de recueillir sans perte les excréments et les urines. Avant d'être soumis aux expériences, la vache et le cheval avaient été nourris pendant un mois au moins avec la même ration qui leur a été administrée durant les trois jours et les trois nuits passés dans la stalle. Pendant le mois, le poids des animaux n'a pas varié d'une quantité appréciable, circonstance qui a permis de supposer que ce poids est aussi resté invariable pendant les soixante et douze heures que le dosage a duré.

La vache laitière a été nourrie avec du regain de foin et des pommes de terre; le cheval avec du regain et de l'avoine. Les fourrages étaient pesés avec exactitude, et l'on déterminait sur des échantillons leur humidité et leur composition. L'eau bue était mesurée, et par un examen préliminaire on avait recherché la quantité de matières saline et terreuse qu'elle contenait. Les produits rendus ont été recueillis avec le plus grand soin; les excréments, l'urine, le lait, étaient pesés, et chaque jour on prélevait sur les matières dosées des échantillons proportionnels aux poids de ces mêmes matières. C'est sur ces échantillons réunis durant le dosage qu'on a pris les quantités soumises à la dessiccation et à l'analyse élémentaire. Voici le résultat des deux expériences.

Digitized by Google

ALIMENTS CONSOMMÉS PAR LE CHEVAL EN 24 HEURES.

ALIMENTS.	POIDS à l'état humide.	POIDS à l'état sec.	MATIÈRE ÉLÉMENTAIRE dans les aliments.				
			Carbon.	Hydrog.	Oxygèn	Azote.	Sels et terres
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Foin	7500	6465	2961	323	2502	97	582
Avoine	2270	1927	977	123	707	42	77
Eau	16000	»	»	»	»	»	13
Somme	25770	8392	3938	446	3209	139	672

PRODUITS RENDUS PAR LE CHEVAL EN 24 HEURES.

PRODUITS.	POIDS à l'état humide.	POIDS à l'état sec.	MATIÈRE ÉLÉMENTAIRE dans les produits.				
			Carbon.	Hydrog.	Oxygèn.	Azote.	Sels et terres
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Urine	1330	302	109	11	34	38	110
Excréments	14250	3525	1364	180	1329	78	575
Somme	15580	3827	1473	191	1363	116	685
Somme de la matière des aliments	25770	8392	3938	446	3209	139	672
Difference	10190	4565	2465	255	1846	23	13
Sens de la difference	—	—	—	—	—	—	+

EAU REÇUE PAR LE CHEVAL en 24 heures.		EAU RENDUE PAR LE CHEVAL en 24 heures.	
	kil.		kil.
Avec le foin	1,033	Avec l'urine	1,028
Avec l'avoine	0,448		
Bue directement	16,000	Avec les excréments	10,723
Eau entrée	17,483	Eau sortie	11,753
		Eau entrée	17,483
		Eau sortie par la transpiration pulmonaire et cutanée.	5,730

ALIMENTS CONSOMMÉS PAR LA VACHE EN 24 HEURES.

ALIMENTS.	POIDS à l'état humide.	POIDS à l'état sec.	MATIÈRE ÉLÉMENTAIRE dans les aliments.				
			Carbon.	Hydrog.	Oxyg.	Azote.	Sels et terre.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Pommes de terre.....	15000	4170	1839	242	1831	50	208
Regain de foin.....	7500	6315	2974	354	2204	132	632
Eau.....	60000	»	»	»	»	»	50
Somme.....	82500	10485	4813	596	4035	202	890

PRODUITS RENDUS PAR LA VACHE EN 24 HEURES.

PRODUITS.	POIDS à l'état humide.	POIDS à l'état sec.	MATIÈRE ÉLÉMENTAIRE dans les produits.				
			Carbon.	Hydrog.	Oxyg.	Azote.	Sels et terre.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Excréments.....	28413	4000	1712	208	1508	92	480
Urine.....	8200	961	261	25	254	37	384
Lait.....	8539	1151	628	99	321	46	55
Somme.....	45132	6111	2602	332	2083	175	920
Somme de la matière des aliments.....	82500	10483	4813	596	4035	202	890
Différence.....	37348	4374	2211	264	1952	27	50
Sens de la différence.....	—	—	—	—	—	—	+

EAU REÇUE PAR LA VACHE en 24 heures.		EAU RENDUE PAR LA VACHE en 24 heures.	
	kil.		kil.
Avec les pommes de terre.	10,830	Avec les excréments.....	24,413
Avec le regain.....	1,185	Avec l'urine.....	7,239
Bue directement.....	60,000	Avec le lait.....	7,588
Eau entrée.....	72,015	Eau sortie.....	39,040
		Eau entrée.....	72,015
		Eau sortie par la transpiration pulmonaire et cutanée.	32,973

On voit par le résumé de ces expériences que l'azote des produits diffère de 23 à 27 gr. en moins de l'azote des aliments. On reconnaît, en outre, que la quantité de matière élémentaire contenue dans les excréments et les sécrétions est moindre que celle qui a été introduite par les aliments ; la différence est due à ce qu'une portion de cette matière s'est échappée par la respiration et la transpiration, si comme il est probable, elle n'a pas été fixée dans l'organisme.

L'oxygène et l'hydrogène qui manquent dans la somme des produits n'ont pas disparu exactement dans les proportions voulues pour former de l'eau ; l'hydrogène en excès pèse de 20 à 23 grammes. Il est vraisemblable que cet hydrogène des aliments s'est transformé en eau en brûlant, pendant la respiration, aux dépens de l'oxygène de l'air.

La perte en carbone, très-considérable dans les deux expériences, puisqu'elle s'élève à plus de deux kilogrammes, doit être attribuée à l'acide carbonique, formé dans l'acte de la respiration et de la transpiration. En négligeant la quantité de ce principe échappé par la transpiration cutanée à l'état de combinaison organique, on trouve qu'en 24 heures, chacun des deux animaux mis en observation a produit environ 4 mètres cubes de gaz acide carbonique, supposé à 0° et sous la pression de 0^m, 76 (1).

(1) La vache aurait fourni 4,040 litres de gaz acide carbonique, le cheval 4,502 ; c'est une donnée qu'il faut se rappeler lorsqu'il s'agit de construire des écuries et des étables, et qui montre qu'il faut assurer un bon renouvellement de l'air. Il résulte en effet de

Ainsi, pendant la respiration du carbone et de l'hydrogène, des aliments ont disparu en donnant naissance, par le concours de l'oxygène de l'air, à de l'acide carbonique et à de l'eau, précisément comme s'ils eussent été brûlés.

Des expériences analogues faites sur le porc et sur le mouton ont donné des résultats dans le même sens ; dans tous les cas il y a eu exhalation d'azote.

ALIMENTS CONSOMMÉS EN 24 HEURES PAR UN PORC AGÉ DE NEUF MOIS, PESANT 60 KILOGRAMMES

ALIMENTS.	POIDS à l'état normal.	POIDS à l'état sec.	MATIÈRE ÉLÉMENTAIRE.				
			Carbon.	Hydrog.	Oxyg.	Azote.	Sels et terre.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Pomme de terre.....	7000	1687	742,3	97,8	754,1	25,3	67,5
DÉJECTIONS RENDUES PAR LE PORC EN 24 HEURES.							
Excréments.....	1500	208	57,4	8,1	48,9	9,2	84,4
Urine.....	3050	63	7,6	1,0	16,3	6,9	6.2
Principes rendus.....	4550	271	65,0	9.1	65.2	16,1	90,6
Principes reçus.....	7000	1687	742,3	97,8	754,1	25,3	67,5
Différence.....			677,3	88,7	688,9	9,2	23,1

cette donnée qu'une vache peut vicier dans un jour environ 20 mètres cubes d'air atmosphérique.

Dans les tableaux résumant les deux expériences, on peut observer que, dans les deux cas, les matières salines des produits excèdent celles des aliments. C'est une erreur d'observation. Le dosage exact des matières salines et terreuses est beaucoup plus difficile qu'on ne le pense communément. Dans l'expérience sur le cheval, j'ai évité en partie la cause d'erreur, mais je n'ai pu m'y soustraire entièrement.

L'accroissement diurne d'un porc de neuf mois est assez rapide pour qu'on ne puisse pas considérer les 677,3 grammes de carbone éliminés, comme ayant été brûlés en totalité pendant la respiration; nul doute qu'une partie de la différence constatée entre les principes entrés et les principes sortis ne soit due à la matière assimilée par l'animal. La valeur de cette assimilation pour 24 heures a été déterminée en pesant le porc, après l'avoir laissé, pendant quinze jours, au régime qu'il recevait durant l'observation. On a trouvé ainsi que, sous l'influence de cette alimentation, l'accroissement diurne a été de 120 grammes, dans lesquels il faut compter, d'après la composition du poids vivant telle que nous l'établirons plus tard, 16, 3 gr. de carbone et 4, 8 gr. d'azote. On a donc en dernier résultat, pour le carbone brûlé en 24 heures par le porc, 661 gr., et pour l'azote exhalé dans le même temps 4,4 gr.

ALIMENTS CONSOMMÉS EN 24 HEURES PAR UN PORC AGÉ DE CINQ MOIS.

	POIDS à l'état normal.	POIDS à l'état sec.	MATIÈRES ÉLÉMENTAIRES.				
			Carbon	Hydrog.	Oxyg.	Azote.	Sels et terre.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Pomme de terre.....	3820	911	400,9	52,8	407,2	13,7	36,4
Eau grasse et sel.....	2510	128	47,8	7,4	43,5	3,6	25,7
		1039	448,7	60,2	450,7	17,3	62,1
DÉJECTIONS RENDUES PAR LE PORC EN 24 HEURES.							
Excréments	640	102	27,3	4,0	19,5	3,8	47,2
Urine.....	1650	35	4,2	0,3	9,1	3,9	17,3
Principes rendus.....		137	31,7	4,3	28,6	7,7	64,3
Principes reçus.....		1039	448,7	60,2	450,7	17,3	62,1
		902	417,0	53,7	422,1	9,6	+2,4

J'ai constaté que, sous l'influence de ce régime, un porc, âgé de cinq mois, augmente de 220 grammes en 24 heures; mais dans ce nombre se trouvent 55 grammes de graisse fixée, ce qui réduit à 165 grammes l'accroissement attribuable au poids vivant. Admettant dans ces 165 grammes 6, 6 gr. d'azote et 22 grammes de carbone, on trouve que le porc brûle 351 grammes de carbone toutes les 24 heures, en exhalant 3 grammes d'azote.

L'expérience suivante faite sur un mouton est due à un savant Danois, M. Jôrgensen.

TABLEAU.

ALIMENTS CONSOMMÉS EN 24 HEURES.							
	POIDS à l'état normal.	POIDS à l'état sec.	MATIÈRE ÉLÉMENTAIRE.				
			Carbon.	Hydrog.	Oxyg.	Azote.	Sels et terre.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Eau bue	1276,0						51,6
Foin	887,2	767,3	355,3	39,1	303,9	14,3	54,5
PRODUITS RENDUS PAR LE MOUTON EN 24 HEURES.							
Excréments	971,7	412,0	181,3	21,8	146,7	7,0	55,2
Urine	476,7	64,2	20,4	2,5	13,1	6,2	22,0
Somme des produits		476,2	201,7	24,3	159,8	13,2	77,2
Dans les aliments		767,3	355,3	39,1	303,9	14,3	56,1
Différences			-153,6	—14,8	-144,1	—1,3	+21,1

On a pu remarquer, dans les résultats précédents, que le carbone et l'azote ne sont pas les seuls éléments éliminés. En comparant la matière élémentaire des déjections à celle des aliments, on voit qu'il y a eu perte d'hydrogène et d'oxigène, d'un combustible et d'un comburant. Si ces deux principes éliminés, se trouvaient exactement dans les proportions exigées pour constituer l'eau, il n'y aurait pas à s'en préoccuper au point de vue de la production de la chaleur animale; mais il n'en est pas ainsi, et, généralement, dans les produits sortis par les voies respiratoires ou par la transpiration, l'hydrogène est, relativement à à l'oxigène, dans une proportion plus forte qu'il n'est nécessaire pour former de l'eau. Cet hydrogène, en brûlant par l'action de l'air, ajoute à la température développée par la combustion du carbone. En tenant

compte de ce nouvel élément, on trouve que chaque jour, pendant la respiration, l'hydrogène brûlé serait :

Pour le cheval.....	25 grammes.
Pour la vache.....	20
Pour le porc de 9 mois.	3
Pour le porc de 5 mois.	3

Il faut environ trois fois autant de carbone que d'hydrogène pour, en brûlant, développer la même quantité de chaleur, pour consommer le même volume d'oxygène. On ramènera donc le combustible brûlé dans la respiration, à ce qu'il serait s'il était du carbone seul, en considérant une partie d'hydrogène comme l'équivalent de trois parties de carbone. En introduisant cette correction, on arrive aux résultats suivants, pour l'équivalent du carbone consommé en 24 heures.

	POIDS.	CARBONE brûlé.	OXYGÈNE consommé.	OXYGÈNE EXPRIMÉ en air atmosphér.
	kil.	gr.	litr.	litr.
Homme de 35 ans.	65,9	300 (1)	558	2657
Cheval.....	500	2540	4724	22495
Vache laitière...	550	2271	4224	20114
Porc de 5 mois..	32,2	360	670	3190
Porc de 9 mois..	60	670	1240	5905
Mouton.....	20	153	408	1943

J'ai admis qu'un homme brûle 26 à 27 gramm. d'hydrogène indépendamment des 220 gramm. de carbone trouvés par M. Scharling.

Ces données ne sont pas sans utilité dans la pra-

tique, en ce qu'elles permettent d'assigner la limite de capacité des habitations de l'homme, des étables et des écuries. Ce serait une erreur, dont les conséquences pourraient devenir fatales, que de croire qu'en augmentant, qu'en doublant le volume d'air que nous venons de calculer, on assurerait pour 24 heures une atmosphère suffisante à l'individu qui y serait confiné. C'est que jamais un animal n'épuise, en respirant, la totalité de l'oxygène d'un volume d'air, par la raison que cet air, aussitôt qu'il est privé d'une certaine quantité d'oxygène, devient, par sa pauvreté même, tout aussi impropre à la vie que le gaz azote.

L'air, par exemple, en sortant des poumons de l'homme, n'a perdu que 4 à 6 pour 100 de l'oxygène qu'il contenait; s'il était aspiré et expiré de nouveau, il en perdrait encore quelques centièmes, que remplaceraient quelques centièmes d'acide carbonique, et bientôt, c'est-à-dire au bout de quelques inspirations, l'air arriverait à être tellement appauvri d'oxygène et tellement enrichi en gaz acide carbonique, qu'il serait absolument impropre à la respiration. La nécessité où l'on est d'expulser immédiatement l'air des poumons, quand il contient 3 ou 4 pour 100 d'acide carbonique, est une preuve de l'action nuisible qu'exerce sur nos organes un air pauvre en oxygène; on sait, d'ailleurs, que les mineurs tombent asphyxiés lorsqu'ils restent plongés pendant une ou deux minutes seulement dans une atmosphère assez viciée pour ne plus contenir que 10 à 12 parties de ce

gaz pour 100 (1). On comprend dès lors la nécessité d'assurer un renouvellement convenable d'air, dans les endroits où sont réunis un certain nombre d'êtres vivants. Les chiffres que j'ai posés indiquent assez que cette ventilation doit être très-active; en effet, on estime qu'il faut assurer un volume d'air 25 à 30 fois plus fort que celui qu'un animal vicie totalement dans un temps déterminé. Ainsi, à un homme enfermé dans une cellule, il faudrait, par heure, 5 à 6,000 litres d'air pris à l'extérieur.

C'est surtout pendant la nuit, durant les heures de sommeil, alors que la clôture des localités est plus parfaite, que toutes les causes de ventilation accidentelles ont cessé, qu'il faut pourvoir à ce que la capacité du local soit suffisante pour que l'atmosphère ne s'altère pas de manière à rendre les conditions hygiéniques défavorables. Mais il ne faut pas non plus, en exagérant la ventilation, produire un trop grand refroidissement, car ce serait substituer une cause d'insalubrité à une autre.

Des expériences faites par ordre du ministre de la guerre ont montré que dans une chambrée d'une capacité de 341 mètres cubes, où vingt-cinq soldats avaient séjourné pendant dix heures un quart, l'air contenait 0,0032 d'acide carbonique en volume, proportion décuple de celle qu'on rencontre ordinairement dans l'atmosphère. En s'appuyant sur les données de M. Scharling, on trouve que l'air de la chambre au-

(1) F. Leblanc, *Annales de Chimie et de Physique*, t. XV, 3e série.

Digitized by Google

rait dû renfermer 0,0094 d'acide carbonique. Ainsi, par l'effet d'une ventilation accidentelle, se produisant par les jointures des portes et des fenêtres, la proportion d'acide carbonique a été réduite au tiers de ce qu'elle aurait été dans l'hypothèse d'une absence complète de renouvellement d'air. En d'autres termes, les effets de la respiration des soldats sont comparables à ce qu'ils eussent été dans une chambre trois fois plus grande, mais où l'air ne se serait pas renouvelé. Dans cette expérience, chaque homme avait 13,6 mètres cubes d'air; c'est un chiffre un peu supérieur, 16 à 17 mètres cubes, que la commission a proposé d'accorder à chaque soldat dans les chambres où il est enfermé la nuit, pendant huit à dix heures, et dont la ventilation n'est qu'accidentelle (1).

L'acide carbonique émis par le cheval ou par le bétail est tellement considérable, qu'il ne faudrait pas songer à donner aux écuries ou aux étables des dimensions capables d'assurer à ces animaux un volume d'air suffisant même pour quelques heures. Ici la ventilation doit être permanente. En effet, une vache produisant en 24 heures environ 4 mètres cubes de gaz acide carbonique, on voit que pour amener une atmosphère confinée, dans laquelle elle séjournerait pendant douze heures, à tenir 1 pour 100 de cet acide, il faudrait que cette atmosphère fût à peu près de 200 mètres cubes. Or, il n'est pas possible

(1) Leblanc, rapport de la sous-commission d'hygiène des casernes, *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXVII, 3e série.

d'assigner un semblable volume d'air confiné à un animal. La ventilation supplée à l'exiguité du local : dans les écuries, on l'obtient en établissant des cheminées, des ventouses, des vasistas béants. Dans une des écuries de la caserne du quai d'Orsay, une des dix-sept ventouses en communication avec une cheminée de 8 mètres de hauteur a fourni aux observations anémométriques un écoulement d'air de 334 mètres cubes par heure pour un excès de température de 4 degrés. Les dix-sept ventouses de cette écurie établie pour 87 chevaux, ont dû appeler du dehors, le jour de l'expérience, 5,000 mètres cubes d'air; soit 57 mètres cubes par heure et par cheval, quantité plus que suffisante pour assurer la salubrité. L'analyse a montré, en effet, que dans cette écurie l'air se maintient à un état de pureté peu différent de celui de l'atmosphère.

Le sang, dans l'acte respiratoire, n'est pas détruit en totalité, les produits de sa combustion ne sont pas uniquement de l'acide carbonique et de l'eau; une partie se transforme en substances organiques qui, n'étant plus propres à l'assimilation, sont incessamment éliminées par les voies urinaires; mais, avant de rechercher quelle est la nature de ces modifications, il faut connaître quelle est la constitution du sang.

Le sang. — Dans l'homme, comme dans les animaux d'un ordre élevé, le sang est épais et d'un rouge intense : chez les animaux inférieurs, comme les insectes, les crustacés, c'est un liquide très-aqueux, et

souvent incolore ; sa densité varie de 1,050 à 1,057; il est alcalin.

Sous le microscope, le sang rouge offre à l'œil deux parties distinctes : un liquide jaunâtre, transparent : c'est le *sérum*, dans lequel nagent une multitude de petits corpuscules solides, opaques, que les physiologistes ont nommés *globules du sang*. Ces globules sont sphéroïdaux dans les mammifères, elliptiques chez les oiseaux et les animaux à sang froid. Leur diamètre réel varie, selon MM. Prévost et Dumas, depuis 1/30 jusqu'à 1/256 de millimètre.

Le sang rouge extrait des veines, le seul dont nous nous occuperons, se compose d'eau tenant en suspension ou en dissolution de l'albumine, de la fibrine, une substance colorante rouge, l'*hématosine*, des matières grasses et différents sels.

L'hématosine, que l'on obtient à l'état de pureté, offre cette particularité extrêmement remarquable qu'elle laisse des cendres uniquement formées d'oxyde de fer ; c'est que le fer entre dans sa composition, et par conséquent dans la constitution du sang.

L'hématosine contient en principes élémentaires :

Carbone....	65,8
Hydrogène..	5,4
Azote.....	10,4
Oxygène....	11,7
Fer.....	6,7
	100,0

Abandonné à lui-même, le sang se coagule en partie; au milieu d'un liquide jaunâtre, le sérum, on

voit apparaître une masse molle, d'un brun rouge : c'est le *caillot* formé par l'agglomération des particules de fibrine. Le sérum contient l'albumine en dissolution. M. Lecanu, dans un travail remarquable sur le sang de l'homme, porte à vingt-cinq le nombre des matières comprises dans ce fluide.

Eau	790,4
Oxygène, azote, acide carbonique libre	
Fer	
Chlorhydrates de soude, de potasse et d'ammoniaque	
Sulfate de potasse, de soude	
Sous-carbonate de chaux et de magnésie	
Phosphate de soude, de chaux et de magnésie	11,0
Lactate de soude	
Savon à base de soude et acides gras fixes	
Sel à acide gras volatil odorant	
Matière grasse contenant du phosphore	
Cholestérine	
Sérotine	
Albumine dissoute dans le sérum	67,8
Globules ou fibrine	130,8
	1000,0

La composition des globules peut se représenter, suivant M. Lecanu, par :

Fibrine	3,0
Hématosine (matière colorante rouge)	2,3
Albumine	125,5
	130,8

Les différences que présente le sang dans sa constitution portent principalement et presque exclusivement sur les proportions relatives de la partie liquide (sérum) et de la partie solide en suspension (globules).

La matière solide est plus abondante chez l'homme que chez la femme, chez les adultes que chez les enfants et les vieillards, chez les individus bien nourris que chez ceux qui sont soumis à un régime peu substantiel (1). Le sang artériel diffère du sang veineux en ce qu'il est d'un rouge vermeil. L'analyse a été impuissante jusqu'à ce jour pour apprécier la cause de cette différence ; cependant l'on sait que c'est par le concours de l'oxygène de l'atmosphère que le sang artériel acquiert son caractère distinctif, et que dans cette circonstance il se produit de l'acide carbonique.

Le sang de bœuf privé d'eau est composé de :

Carbone...	52,0
Hydrogène.	7,2
Azote.....	15,1
Oxygène. .	21,3
Cendres...	4,4
	100,0

Chauffé à 75 degrés, le sang se prend en masse par suite de la coagulation de l'albumine, du sérum et de l'hématosine.

L'*albumine* se trouve dans la plupart des fluides de l'économie animale. Dans le blanc d'œuf elle est sans odeur, sans saveur ; elle rend l'eau visqueuse ; sa dissolution commence à perdre sa transparence vers 52 degrés ; à 57 degrés elle est coagulée com-

(1) Lecanu, *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXVII, p. 57, 2e série.

plétement. Les acides forment avec l'albumine des composés insolubles.

Fibrine. — S'extrait du sang en le battant au moment où il vient de sortir de la veine; elle est en longs filaments que l'on décolore en les malaxant sous un filet d'eau froide; elle retient un peu de graisse qu'on enlève avec de l'éther.

Ainsi obtenue la fibrine est blanche et flexible; par la dessiccation, elle abandonne environ 30 d'eau pour 100. Alors elle devient cassante cornée, demi-transparente. Plongée dans l'eau, elle reprend à peu près l'humidité qu'elle avait perdue, et avec elle, sa transparence, sa souplesse, sa blancheur.

Urine. — Une partie des matériaux azotés du sang éprouvent, pendant la respiration, de la part de l'oxygène de l'air, de profondes modifications; c'est à ces matériaux, on n'en saurait douter, que sont dus l'urée, l'acide urique, l'acide hippurique, qu'on découvre à grand peine dans le fluide sanguin, parce que, étant impropres à l'assimilation, ils ne sont pas plus tôt formés, qu'ils sont expulsés par les voies urinaires.

L'urine est sécrétée du sang artériel par deux glandes, les reins, placés dans l'abdomen de chaque côté de la colonne vertébrale. Ces organes reçoivent le sang par une grosse artère qui se ramifie dans leur parenchyme; c'est là où s'opère la sécrétion. L'urine se rend dans la vessie en passant par un canal nommé *uretère*. Sa composition est variable suivant les animaux qui la sécrètent, et, pour une même classe d'a-

nimaux, sa nature est grandement influencée par la nature du régime.

Le principe en quelque sorte caractéristique de l'urine est l'urée, dont la proportion varie d'ailleurs considérablement. L'urée, dont j'ai déjà présenté les principales propriétés et la composition, forme avec les acides des combinaisons qui permettent de la reconnaître et même de la doser. C'est ainsi qu'en ajoutant de l'acide nitrique à de l'extrait d'urine, il se forme bientôt de nombreux cristaux de nitrate d'urée, combinaison peu soluble contenant à très-peu près 49 d'urée pour 100.

A l'urée se trouve souvent associé, particulièrement dans l'urine de l'homme, de l'acide urique qui se dépose quelquefois pendant le refroidissement. La présence d'un acide aussi peu soluble s'explique par la propriété qu'il possède de se dissoudre, soit dans le phosphate de soude, soit dans l'acide lactique (1).

Un autre acide de l'urine, l'acide hippurique, se trouve, tantôt libre, tantôt à l'état d'hippurate comme dans l'urine des herbivores. Cet acide s'obtient en cristaux incolores, peu sapides et aussi très-peu solubles. Il suffit, en effet, pour s'en procurer, de verser de l'acide hydrocholorique dans l'urine du cheval ou de la vache; quand ces liquides ont perdu l'alcalinité qu'ils ont ordinairement, qu'il y a une

(1) Les compositions de l'acide urique et de l'acide hippurique sont données dans le 1er volume, p. 685.

légère acidité, l'acide hippurique ne tarde pas à se précipiter. Enfin, il y a encore dans l'urine un peu de mucus provenant de la vessie, une matière colorante et des sels qui, à part le sel marin, sont presque tous à base de potasse. La nature de ces sels est intimement liée à celle de la nourriture consommée. Ce sont, à n'en pas douter, les substances salines qu'on retirerait par l'incinération des aliments. L'incinération a lieu dans le sang, et c'est une nouvelle raison en faveur de l'analogie que nous avons admise entre la combustion et la respiration. Si en incinérant un fourrage dans un creuset de platine, on obtenait une cendre riche en carbonate de potasse, parce qu'il renfermait des sels alcalins ayant un acide destructible par la chaleur, on peut affirmer que le bétail auquel on ferait manger ce fourrage, rendrait une urine fortement alcaline, et dans laquelle on retrouverait du carbonate de potasse. Les graines de céréales laissent des cendres ne renfermant pas de carbonates alcalins ; aussi il arrive qu'un cheval nourri exclusivement avec du seigle rend une urine légèrement acide. C'est ainsi que l'urine de l'homme, acide à l'état normale, devient alcaline lorsque l'individu qui la sécrète mange des cerises, du raisin, des légumes, c'est-à-dire des aliments riches en sels de potasse à acides organiques, laissant pour résidu de leur combustion du carbonate alcalin. J'ai donné (1), d'après Berzélius, la composition de l'urine de

(1) 1er volume, p. 793.

l'homme ; voici maintenant, suivant M. Lehmann, la composition moyenne de la même urine rendue dans les vingt-quatre heures :

Urée	32,91
Acide urique	1,07
Acide lactique	1,55
Extrait aqueux	0,59
Extrait alcoolique	9,81
Lactate d'ammoniaque	1,96
Sel marin et sel ammoniac	3,60
Sulfates alcalins	7,29
Phosphate de soude	3,66
Phosphates de chaux et de magnésie.	1,18
Mucus	0,10
Matières solides	63,72
Eau	936,28
	1000,00

J'ai déjà considéré l'urine au point de vue de son utilité comme engrais (1). Je me bornerai à ajouter quelques faits à ceux que j'ai exposés.

La quantité d'urée et d'acide urique sécrété dans un jour est plus considérable dans l'urine des hommes dans la force de l'âge, que dans celle des femmes, des vieillards et des enfants, ainsi que l'a constaté M. Lecanu :

QUANTITÉ SÉCRÉTÉE EN 24 HEURES.

	Urée. gr.	Acide urique. gr.	Sels. gr.
Hommes	28,0	0,8	16,8
Femmes	19,1	0,4	14,3
Vieillards	8,1	0,4	8,0
Enfants de 8 ans.	13,4	0,2	10,0
Enfants de 4 ans.	4,5		

(1) 1er volume, page 793.

La constitution chimique de l'urine de l'homme explique comment cette sécrétion est un engrais des plus énergiques ; il s'y trouve en effet des principes azotés associés à des phosphates, matériaux nécessaires à l'organisme végétal. La grande quantité d'eau contenue dans l'urine devient un obstacle, lorsqu'il s'agit d'amander des terres éloignées du lieu de la production. Dans les villes, dans les casernes, dans les fabriques, où il est possible de réunir des quantités assez considérables de ce liquide, on est cependant réduit à les perdre à cause des frais occasionnés par les transports. M. John Stenhouse a cherché à en extraire l'acide phosphorique en le combinant à la chaux. On obtient ainsi, sous un petit volume, un engrais actif et facilement transportable. On verse dans l'urine un lait de chaux, et bientôt il se dépose un précipité gélatineux de phosphate calcaire, mélangé d'un peu de phosphate de magnésie. On décante le liquide surnageant, et l'on fait égoutter le phosphate sur une toile. M. Stenhouse recommande d'ajouter au précipité du charbon de bois en poudre fine. Cette addition offre deux avantages : d'abord l'égouttage s'opère plus rapidement, ensuite le charbon introduit favorise singulièrement la dessication. Le précipité occasionné par la chaux retient toujours de la matière azotée.

Un phosphate préparé par ce procédé a donné à l'analyse, après dessication à 100° (1) :

(1) Stenhouse *Philosophical magaz.*, 3e série, t. XXVII.

Chaux.....	45,0
Magnésie.....	1,3
Acide phosphorique.	40,2
Matière organique. Eau.....	13,5
	100,0

C'est, sans aucun doute, une idée heureuse que d'avoir songé à utiliser l'un des éléments minéraux de l'urine. Ce qu'il y a cependant de regrettable dans ce procédé, c'est de perdre l'ammoniaque développé par la fermentation de l'urée. Il m'a semblé qu'il était possible d'agir de telle façon, qu'on pût à la fois retirer tout l'acide phosphorique et une grande partie de l'ammoniaque, en les faisant entrer l'un et l'autre dans une combinaison à peu près insoluble : le phosphate ammoniaco-magnésien. Il suffit, pour obtenir ce double résultat, d'ajouter à l'urine quelques centièmes d'un sel de magnésie, et de laisser putréfier. Il se précipite peu à peu du phosphate ammoniaco-magnésien. La formation de ce sel double continue pendant tout le temps qu'il existe des phosphates alcalins dans le liquide. Quand l'urine est devenue assez fortement ammoniacale, on décante, on recueille et on lave le phosphate double. La matière pulvérulente obtenue ainsi de l'urine est bien autrement active comme engrais que le phosphate calcaire; car, non-seulement elle renferme de l'acide phosphorique, mais, de plus, de l'ammoniaque. Remarquons, d'ailleurs, que le phosphate de magnésie se rencontre, dans les cendres de toutes les céréales, en proportion plus forte que le phosphate de chaux.

L'urine des carnivores a beaucoup d'analogie avec celle de l'homme. Suivant Hiéronymi, l'urine de lion renferme de l'urée, de l'acide urique, des sulfates, des lactates, des phosphates alcalins et terreux.

L'urine des herbivores contient constamment de l'urée, mais, à la place de l'acide urique, on trouve de l'acide hippurique. Généralement elle tient en dissolution du bi-carbonate de potasse. Aussi, quand on la chauffe, il se fait, près du point d'ébullition, un dégagement tumultueux de gaz acide carbonique, et, après l'ébullition, il se dépose du carbonate de magnésie et du carbonate de chaux qui étaient tenus en dissolution par de l'acide carbonique libre. Au moment de l'émission, l'urine des herbivores est d'un jaune extrêmement pâle, mais elle se fonce en couleur par son exposition à l'air (1).

Urine des oiseaux et des serpents. Chez les oiseaux comme chez les reptiles, les déjections solides et liquides se réunissent dans le cloaque, en une bouillie verdâtre, quelquefois blanche, se solidifiant promptement par l'exposition à l'air. La partie verte renferme de la bile, la matière blanche est presque entièrement formée d'acide urique et d'une faible proportion d'urate d'ammoniaque. Dans l'urine des oiseaux carnivores on a signalé l'urée. J'ai observé que, durant l'inanition, les oiseaux rendent, bien qu'en beaucoup moindre quantité, des déjections

(1) La composition de l'urine des herbivores est donnée 1er volume, p. 687.

dans lesquelles il entre de la bile et de l'acide urique, et, il y a ceci de particulier, que les déjections des oiseaux les plus divers ont, dans cette circonstance, une identité parfaite de composition. C'est que, dans ce cas, l'aliment est le même, les animaux digèrent de la salive et des mucosités.

Nous avons reconnu que les phénomènes vitaux expulsent de l'organisme animal, par des voies diamétralement opposées, la respiration et les sécrétions, deux sortes de produits. Les uns gazeux, dans lesquels dominent l'acide carbonique et la vapeur aqueuse, sont déversés dans l'atmosphère, où bientôt ils fonctionnent pour fournir, sous l'influence solaire, du carbone et de l'hydrogène à la végétation. Les autres, formés de matières minérales et de substances azotées, séparent leurs éléments par le fait de la fermentation putride. Les matières minérales sont restituées à la terre, d'où elles sont originaires; la matière organique, transformée en carbonate d'ammoniaque, se répand dans l'air, ou bien, dissoute dans l'eau, elle pénètre le sol, s'y putréfie, prend l'état gazeux et concourt, comme l'acide carbonique issu de la respiration, à reconstituer les plantes, à élaborer les aliments qui, un jour, reproduiront les phénomènes physiologiques que nous avons étudiés. Le végétal est l'intermédiaire par lequel le règne animal se lie à l'atmosphère, source intarissable où puisent tous les êtres doués de la vie. La condition d'existence des animaux est de détruire, de consommer, de brûler continuellement ce qui est organisé,

pour s'organiser eux-mêmes. La condition d'existence des végétaux repose sur un ordre d'action entièrement différent de la destruction, de la combustion. Les plantes organisent, avec le secours de la lumière du soleil, ce qui n'est pas organisé, ce qu'on pourrait nommer la matière brute : les gaz des volcans, l'eau des fleuves, les éléments des roches. Elles *débrûlent*, si je puis me servir de cette expression, les corps brûlés. Le carbone, l'hydrogène, en brûlant, donnent lieu à de l'acide carbonique, à de l'eau, en fixant l'oxygène. Les végétaux, eux, réduisent ces oxides, ils en extraient le carbone, l'hydrogène, se les assimilent en rendant l'oxygène à l'atmosphère. Au mot combustion, on pourrait opposer le mot végétation. Les gaz et les sécrétions qu'exhalent ou rendent les animaux, ne renferment pas toujours la totalité de la matière constitutive des aliments qu'ils reçoivent. Une partie de la nourriture, ou plutôt une partie du sang provenant de cette nourriture, est assimilé. En effet, tout en émettant de l'acide carbonique par l'appareil respiratoire, et de la matière organique par les voies digestives, un animal, malgré ces émissions incessantes, conserve, et même le plus souvent augmente sa masse. Il y a, dans l'état de santé, entretien ou accroissement. C'est que le sang, agent essentiel de la nutrition, transporte et dépose, dans les organes qu'il parcourt, des matériaux nécessaires à la conservation et à l'extension des tissus que nous allons examiner.

Le tissu musculaire est formé par un assemblage

de fibres contractiles, tantôt disseminées, épanouies dans la masse des organes, tantôt rassemblées, accolées entre elles comme dans les muscles. La fibre musculaire est l'intermédiaire par lequel les animaux exécutent leurs mouvements. La chair appartient à ce tissu. Elle renferme de la fibrine, de l'albumine, des graisses, de la gélatine, une matière extractive odorante, de l'acide lactique, différents sels, et de la matière colorante du sang.

Pour cuire la viande, on la met d'abord dans de l'eau froide, dont on élève graduellement la température. D'après la nature des principes contenus dans la chair, nous pouvons prévoir le résultat de cette opération.

L'eau, tant qu'elle est froide, tiède, jusqu'à ce qu'elle ait atteint une température de 50 à 60°, dissout les sels, l'acide libre, la matière extractive, l'albumine. Vers 70 à 100°, l'albumine dissoute se coagule, elle forme des *écumes* qu'on enlève facilement; la graisse fond et surnage. La vapeur, en se dégageant pendant l'ébullition, entraîne continuellement un principe odorant. Par l'action continuée de la chaleur, la gélatine des tissus cellulaires, des tendons, se dissout; c'est à cette substance que le bouillon suffisamment concentré par l'évaporation doit la propriété de se prendre en gelée. La fibrine, après la cuisson de la viande, conserve à peu près ses caractères; elle est plus blanche, débarrassée qu'elle est de la matière colorante du sang. Lorsque la coction de la viande a été continuée pendant longtemps, lorqu'elle a eu lieu

Digitized by Google

dans une grande quantité d'eau, la fibrine a perdu presque toute sa consistance ; elle est insipide, et convient peu comme aliment. Dans les cas ordinaires, on ne pousse jamais la cuisson à cette extrémité, et la viande destinée à l'alimentation contient encore une partie des substances que l'eau finirait par lui enlever entièrement.

En faisant cuire 500 grammes de viande, privée autant que possible d'os, de graisse et de tendons, dans 1,500 grammes d'eau distillée, M. Chevreul a obtenu un bouillon dont on a retiré :

Eau	988.6
Matière organique fixe desséchée dans le vide sec à la température ordinaire (gélatine, albumine cuite, matière extractive, lactates)	12,7
Phosphates et sulfates de potasse et de soude, chlorures alcalins	2,9
Phosphates de magnésie et de chaux, oxyde de fer.	0,3
	1004,5

La chair musculaire provenant d'animaux récemment abattus possède une réaction acide due à l'acide lactique. Sa composition est, d'ailleurs, fort compliquée ; indépendamment de la fibrine, de l'albumine, de la gélatine, elle renferme de petites proportions de substances qu'on n'extrait qu'à l'aide de moyens extrêmement délicats. Ainsi M. Chevreul a découvert, dans la chair de bœuf, une matière cristalline, soluble dans l'eau et dans l'alcool, la *créatine*. La viande contient une assez forte quantité de sels alcalins, dans lesquels dominent les sels à base de potasse. Dans le sang, au contraire, la soude est tou-

jours en grand excès par rapport à la potasse ; c'est une différence à signaler entre la nature du liquide de la chair, et le sang auquel nous avons reconnu le caractère alcalin.

M. Liébig s'est livré dans ces dernières années à une étude qui a jeté une vive lumière sur la constitution de la chair musculaire. A la créatine de M. Chevreul, on doit ajouter maintenant la créatine beaucoup plus soluble dans l'eau froide et ayant des propriétés alcalines ; l'acide *inosique* en cristaux blancs lamellés. Ces substances entrent pour de très faibles proportions dans la chair.

Les muscles d'un animal, quand ils sont gras, ne contiennent qu'une trace à peine sensible de créatine ; les animaux maigres en fournissent relativement plus. De cinquante kilogrammes de chair, venant d'un cheval vieux et amaigri, on a retiré 36 grammes de créatine, tandis que quarante kilogrammes de viande de bœuf n'en ont fourni que 30 grammes.

Les résultats généraux auxquels M. Liébig est arrivé sont importants ; j'essaierai de les résumer.

La chair hachée cède à l'eau froide la totalité de son albumine Le résidu, très riche en fibrine, donne, quand on le fait bouillir avec de l'eau, un bouillon tout à fait insipide, parce que les principes sapides et odorants de la chair à l'état de dissolution dans les muscles à été enlevé par le lavage. L'odeur, comme la saveur de la viande rôtie, sont dues à ces mêmes principes solubles, légèrement modifiés par la chaleur. Cela est si vrai, qu'en arrosant avec un extrait aqueux

et cuit de chair fraîche, de la viande devenue insipide par un lavage prolongé, on lui communique les propriétés du rôti.

Il y a plus d'albumine dans les animaux jeunes que dans les vieux. On doit concevoir la chair musculaire comme formée d'un assemblage de fibrine, dont chaque brin est entouré, mouillé par un liquide albumineux ; si on entraîne ce liquide par un lavage, la fibre reste seule ; elle est la même dans tous les animaux. Bouillie avec de l'eau, cette fibre durcit, se racornit ; il est évident que si la viande bouillie et la viande rôtie restent tendres après la cuisson, c'est que l'albumine coagulée, en entourant la fibre, l'empêche de se durcir. Il faut néanmoins, que l'application de la chaleur soit limitée, car autrement l'albumine durcirait à son tour, sans cependant devenir coriace.

L'action que l'eau chaude exerce sur la chair musculaire étant établie, il en résulte que, pour obtenir la viande la plus succulente, il faut la plonger dans de l'eau en pleine ébullition ; laisser bouillir pendant quelques minutes, puis ajouter assez d'eau froide pour abaisser la température à environ 72 degrés ; enfin, entretenir cette température durant quelques heures. Voici la raison de cette pratique. Immédiatement après l'immersion de la chair dans l'eau bouillante, l'albumine en se coagulant, en protégeant les brins de fibrines, s'oppose au lavage, sans être un obstacle à la propagation graduelle de la chaleur. La viande reste alors aussi succulente que le serait un rôti,

parce qu'elle retient la plus grande partie de ses principes sapides. L'albumine se coagule complétement à 57 degrés : on pourrait s'imaginer dès lors qu'il n'est pas nécessaire d'exposer la viande à la température de l'eau bouillante; mais il est à remarquer que l'*hématosine*, ne se solidifie pas au-dessous de 70 degrés, et qu'en n'en déterminant pas la coagulation, un morceau de bœuf, riche en sang, conserverait un aspect *saignant* peu agréable.

En coupant une tranche d'un gros morceau de viande cuite ou rôtie, on distingue différentes zônes déterminées par la température que chacune d'elles a supportée. Les parties sanguinolentes n'ont pas été chauffées à 70 degrés, autrement la matière colorante du sang aurait été coagulée. La chair des oiseaux, celle des poissons moins riches en sang que la viande des mammifères, se cuisent aussi beaucoup plus rapidement, il suffit de les chauffer entre 54 et 60 degrés.

En plongeant la chair musculaire dans l'eau bouillante, comme on vient de l'indiquer, on se place dans la meilleure condition pour avoir une bonne qualité de *bouilli*, mais cette qualité est acquise aux dépens de celle du bouillon. Pour préparer un bouillon, il faut précisement favoriser la sortie des sucs sapides, et non pas les retenir, les emprisonner dans la viande par la coagulation subite de l'albumine ; à cet effet, on met la chair dans l'eau froide dont on élève graduellement la température jusqu'à l'ébullition. Les principes sapides et solubles se dissolvent ; l'eau en

Digitized by Google

pénétrant le tissu opère un véritable lavage ; l'albumine, dissoute d'abord, se coagule ensuite ; elle est enlevée avec l'écumoire ; mais cette élimination de l'albumine rend la viande dure, et même coriace si l'ébullition est trop prolongée.

La gélatine donne au bouillon concentré la propriété de se prendre en gelée, mais ce n'en est pas la partie essentiellement nutritive ; elle y entre d'ailleurs en quantité assez petite : de 1000 grammes de chair de bœuf on n'a extrait que 6 grammes de gélatine. Le résidu sec dans lequel entraient ces 6 grammes pesait 60 grammes ; il était formé de :

Albumine coagulée...	29,5	60
Albumine dissoute...	30,5	
Gélatine.....	6	
Fibre musculaire....	164	

De la connaissance de ces faits, M. Liebig a déduit un procédé pour préparer, en peu de minutes, un bouillon fortifiant et aromatique. 500 grammes de bœuf maigre et exempt de graisse, hachés très menu, sont délayés dans 500 grammes (1/2 litre) d'eau et portés très lentement à l'ébullition ; après la séparation des écumes et l'addition de sel et autres accessoirs, on a un bouillon d'une force supérieure à celui qu'on préparerait par une cuisson prolongée de la viande en morceaux, toute proportion gardée. Évaporé au bain-marie, ce bouillon laisse un extrait brun foncé, d'une consistance molle, dont 15 grammes suffisent pour transformer en bouillon un demi-litre d'eau (1).

(1) Liebig, *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXIII, 3e série.

Dans un examen chimique de la chair musculaire, M. Schütz a trouvé :

	CHAIR de bœuf.	CHAIR de poisson (carpe).
Fibrine, tissu cellulaire, nerfs, vaisseaux.....	15,0	12,0
Albumine.....	4,3	5,2
Extrait alcoolique et sels.	1,3	1,0
Extrait aqueux et sels....	1,8	1,7
Phosphate de chaux.....	traces.	traces
Graisse et perte.....	0,1	»
Matières solides.	22,5	19,9
Eau.....	77,5	80,1
	100,0	100,0

La créatine, la créatinine font nécessairement partie des *extraits*. J'ajouterai que M. Scherer vient de rencontrer, dans la chair musculaire, une nouvelle espèce de sucre, analogue au sucre de lait.

La chair musculaire renferme environ 23 pour 100 de substance sèche. Une fois desséchée, on parvient, en la faisant tremper dans l'eau, à lui rendre l'humidité qu'elle avait perdue. En raison de cette forte proportion d'humidité, la viande se corrompt très-promptement ; dans l'été, il est très-difficile de la conserver. La dessiccation est un moyen de conservation ; on la pratique avec succès dans les régions les plus chaudes de l'Amérique méridionale, en préparant le *tasajo*. Voici comment on opère :

Les quartiers du bœuf sont découpées en minces lanières ; l'habileté de l'opérateur consiste à obtenir, à l'aide d'un couteau très-effilé, des bandes de chair de plusieurs mètres de longueur, qu'on saupoudre

Digitized by Google

de farine de maïs, afin d'absorber les sucs de la viande; les bandes ou lanières, ainsi saupoudrées, sont mises à sécher, en les suspendant au soleil, sur des supports horizontaux formés par des bamboux. Chaque soir, ou quand on craint la pluie, le *tasajo* est mis à l'abri; le matin, il est de nouveau exposé à l'air jusqu'à complète dessiccation. Alors il est d'une couleur foncée; son odeur particulière n'a rien de désagréable; les lanières sont assez flexibles pour être roulées en pelottes assez semblables aux carottes qu'on prépare dans les cultures de tabac. Le *tasajo* se conserve pendant un temps très-long, si l'on a soin de le préserver de l'humidité. 100 de viande maigre de bœuf donne à peu près 26 de *tasajo*. Comme la dessiccation se fait par l'action solaire, on ne sait pas quelle est la température à laquelle elle a lieu; j'ai cependant des raisons pour croire qu'elle est assez forte, et je ne serais pas étonné si l'on reconnaissait que les lanières de chair éprouvent au soleil une chaleur de 60 à 70 degrés, à cause de leur couleur extrêmement foncée. Je puis citer ce fait, qu'un jour en traversant les *llanos* de la vallée de la Magdalena, qui séparent la ville de Mariquita de celle de Neyba, je trouvai la chaleur tellement insupportable à trois heures de l'après-midi, que je me décidai à piquer vers une habitation isolée que j'apercevais dans le lointain. Dans cette habitation, on était occupé à découper des quartiers de bœuf; des quantités considérables de bandes de chair séchaient aux alentours de la maison. Une fois

à l'ombre, j'éprouvais une sensation de fraîcheur des plus agréables, mais tellement prononcée que je jugeai prudent de ne pas me découvrir. Quelque temps après, comme je faisais une observation barométrique, j'eus l'occasion de prendre la température de l'air à l'ombre : le thermomètre indiquait 40 degrés centigrades.

L'usage du tasajo est très-répandu dans les contrées aurifères, où les mineurs ne se livrent pas à l'agriculture; j'ai parlé à des nègres du Choco qui n'avaient jamais vu un bœuf; ils n'en connaissaient que la chair musculaire desséchée. Pendant près de trois années que j'ai passées dans les mines de la Vega, durant mes excursions aux lavages d'or et de platine, il m'est arrivé bien rarement de manger de la viande fraîche de bœuf; on s'y nourrissait généralement avec du *tasajo*, qu'il ne faudrait pas confondre avec une viande très-dure et très-salée, le *chiriqui*, qu'on importe au Choco par le port de Charambira.

On fait cuire le *tasajo* comme s'il s'agissait d'un morceau de bœuf; il se gonfle dans l'eau et donne un bouilli très-appétissant. Le bouillon ne laisse rien à désirer quand il est préparé avec soin. Après tout, c'est de la chair musculaire desséchée; et, à la matière fibrineuse près, qu'elle a conservée, on doit la comparer à l'extrait de bouillon recommandé anciennement par Proust, et plus récemment par M. Liebig. En voyage, lorsque le temps manque pour mettre le pot au feu, on fait frire le *tasajo* dans de la graisse

Digitized by Google

après l'avoir écrasé, *attendri* à coups de pierre. Au sortir de la poêle, cette viande frite se présente en fibres très-volumineuses, ayant quelque chose de la fibrine des chimistes ; mais l'arôme est absolument celui du rôti. En campagne, à bord des bâtiments, le *tasajo* est d'une grande ressource : un soldat, dont le sac en renferme 1 kil., porte en réalité 4 kil. de viande fraîche.

Tissu cellulaire. C'est le tissu le plus universellement répandu dans l'organisation. Sa structure est spongieuse, caverneuse. Chez les mammifères, il s'étend en couches de diverses épaisseurs entre tous les organes ; il réunit leurs parties isolées, dont il est en quelque sorte la gangue (1).

Le tissu cellulaire est doué d'une grande élasticité ; il est formé par la réunion de filaments ou de petites lamelles assemblées confusément. Les cellules résultant de cet assemblage sont séparées l'une de l'autre par une espèce de feutre dont la nature poreuse permet aux fluides de les pénétrer et de les parcourir. Les membranes muqueuses, les cartilages, le tissu osseux des anatomistes, ne sont que des modifications particulières du tissucellulaire, imprégné à différents degrés de substances minérales.

Les tendons, quand on les dessèche dans le vide sec, abandonnent une quantité d'eau égale à environ la moitié de leur poids, et diminuent beaucoup de volume. Par cette dessiccation, ils perdent leur

(1) Milne Edwards, *Cours élémentaire d'histoire naturelle*, p. 12.

souplesse, et acquièrent la demi-transparence de la corne. Plongés dans l'eau, ils reprennent, avec la totalité de l'eau qu'ils avaient abandonnée, toutes leurs propriétés initiales (1). Par une ébullition soutenue dans l'eau, les tendons se dissolvent entièrement en passant à l'état de gélatine.

La *gélatine* se rencontre dans presque toutes les parties solides; on la trouve dans les os, les tendons, les cartilages, la peau, la chair musculaire. Elle se dissout facilement dans l'eau bouillante; l'eau froide n'en prend qu'une très-petite quantité. Aussi, en dissolvant 2 à 3 parties de gélatine dans 100 parties d'eau chaude, la liqueur se prend en gelée lorsqu'elle refroidit. Le tanin, ou l'infusion de noix de galle, la précipite en totalité : le précipité est très-volumineux et complétement insoluble.

La gélatine dissoute, ou seulement humectée, ne tarde pas à se putréfier; mais, une fois unie au tannin, elle est difficilement putrescible. Dans le tannage des peaux, il se fait un composé analogue; la gélatine de la peau s'unit au tannin contenu dans l'écorce employée dans cette opération.

La gélatine est utilisée dans les arts comme colle forte. La colle de poisson en est presque entièrement formée; suivant M. Mulder, cette substance contient :

(1) Chevreul, *Annales de Chimie et de Physique*, t. VI, 3e série.

Carbone.....	50,8
Hydrogène.....	6,6
Azote.....	18,3
Oxygène.....	24,3
	100,0

Lait. Le lait est un fluide blanc plus ou moins opaque, sécrété par les glandes mammaires des femelles des mammifères. Il est destiné à la nutrition des jeunes animaux : c'est l'aliment normal, celui dont l'assimilation est la plus prompte et la plus facile. Le lait réunit tous les principes organiques, toutes les substances minérales qui entrent dans l'organisme des êtres vivants, c'est-à-dire qu'il renferme du caséum, du sucre de lait, des matières grasses et différents sels, au nombre desquels figurent les phosphates.

Le caséum, le sucre de lait, une partie des sels, se trouvent en dissolution ; les matières grasses sont suspendues dans le lait sous forme de globules.

M. Péligot a donné, pour l'analyse du lait, une méthode suffisamment exacte pour en évaluer les différents principes (1). On évapore le lait au bain-marie, et on continue la dessiccation, jusqu'à ce que l'extrait ne diminue plus de poids. On traite cet extrait par l'éther, à plusieurs reprises, jusqu'à ce que toutes les matières grasses soient dissoutes. On recueille le résidu, que l'on sèche avec les mêmes précautions et au même point de siccité auquel on est arrivé dans

(1) Péligot, *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXII, 2e série.

le dosage de l'extrait du lait. Ce résidu renferme le caséum, l'albumine et le sucre de lait. Par différence, on a le poids des matières grasses dissoutes par l'éther. Le résidu composé des matières azotées et du sucre de lait est traité par l'eau. On le laisse d'abord s'imbiber, on porte à l'ébullition et on fait refroidir complétement avant de filtrer. L'eau dissout le sucre et une matière extractive azotée qu'on a signalée dans le lait. C'est là un inconvénient de la méthode, mais cette matière extractive n'existe que pour une très-faible proportion. Le caséum et l'albumine coagulée sont recueillis sur un filtre, lavés, puis desséchés et pesés. On obtient encore par différence le sucre qui a été dissous. La principale difficulté que présente cette analyse, est la dessiccation uniforme à laquelle il faut ramener les résidus que l'on obtient successivement. En desséchant au bain-marie, ces dessiccations sont fort longues. Pour éviter cette lenteur, je préfère dessécher dans une étuve à huile, chauffée à 110 degrés. C'est à l'aide de procédés, plus ou moins analogues à celui dont on vient de donner la description, qu'on a examiné les diverses espèces de lait.

COMPOSITION DU LAIT.

LAIT.	CASÉUM, ALBUMINE et sels insolubles.	MATIÈRES GRASSES.	SUCRE DE LAIT et sels solubles.	EAU.	MATIÈRE SÈCHE dans 100 de lait.	REMARQUES.	AUTEURS des analyses.
De vache.....	4,0	4,4	4,4	87,2	12,8	Moyenne de 18 analyses, à Bechelbronn.	Boussingault.
De vache.....	3,8	3,5	6,1	86,6	13,4	Moyenne de 6 analyses, des envir. de Paris.	Quevenne.
De vache.....	4,5	3,1	5,4	87,0	13,0	Id.	Henri et Chevallier.
De vache.....	5,6	3,6	4,0	86,8	13,2	Id.	Lecanu.
De vache.....	5,1	3,0	4,6	87,3	12,7	Une analyse (Giesen).	Haidlen.
De brebis.....	6,5	8,3	6,5	78,7	21,3		Payen.
D'ânesse.....	1,7	1,4	6,4	90,5	9,5	Moyenne de 5 analyses.	Péligot.
De femme.....	3,1	3,4	4,3	89,2	10,8	De bonne qualité.	Haidlen.
De femme.....	2,7	1,3	3,2	92,8	7,2	Reconnu de qualité médiocre.	Haidlen.

Le lait des carnivores diffère dans ses propriétés et sa composition, de celui des herbivores; il parait qu'il ne s'y rencontre pas de sucre de lait; ainsi, une chienne, après avoir été nourrie pendant quinze jours avec de la viande, a fourni un lait dans lequel M. Dumas a trouvé :

Caséum et sels insolubles.....	15,85	25,13
Beurre.....	5,15	
Matière extractive, sels solubles.	4,13	
Eau.....	74,87	
	100,00	

La même chienne, après quinze jours d'un régime mixte composé de pain et de bouillon gras, a donné un lait formé de :

Caséum.....	12,17	24,05
Beurre.....	6,84	
Matières extractives, sucre de lait.	5,04	
Eau.....	75,95	
	100,00	

Nous venons de considérer le lait dans sa composition normale, tel qu'il est sécreté après le part. Sa constitution est singulièrement modifiée immédiatement après la parturition : c'est ce lait que l'on désigne sous le nom de *colostrum ;* il possède la propriété de se coaguler par la chaleur, à la manière du blanc d'œuf, et cette propriété, il la doit à l'albumine qui, dans cette circonstance, remplace, en grande partie du moins, le caséum ; il est aussi plus riche en substances salines que le lait normal.

Digitized by Google

Dans le collostrum d'une vache, pris très-peu de temps après qu'elle eût vêlé, j'ai rencontré :

Caséum albumineux.	15,0	24,2
Beurre.....	2,6	
Sucre de lait.....	3,6	
Sels.....	3,0	
Eau.....	75,8	
	100,0	

Le lait de vache a toujours une réaction faiblement alcaline : sa densité est d'environ 1,03. Suivant M. Haidlen, il ne contiendrait aucun sel à acide organique, pas de lactates, et l'alcali se trouverait combiné au caséum, dont il faciliterait la dissolution. Le lait laisse, après sa dessiccation et la combustion de son extrait, à peu près un demi-centième de cendres composées de sels solubles et insolubles ; la nature de ces sels paraît être constante, mais leur proportion semble variable. M. Haidlen a trouvé, dans 100 parties de lait provenant de deux vaches, les sels suivants (1) :

	I.	II.
Phosphate de chaux....	0,231	0,344
Phosphate de magnésie.	0,042	0,064
Phosphate de fer.....	0,007	0,007
Chlorure de potassium..	0,144	0,183
Chlorure de sodium....	0,024	0,034
Soude.....	0,042	0,045
	0,490	0,677

Cette composition n'est pas aussi simple que

(1) Haidlen, *Annalen der chem. und pharmac.*, band. XLV.

semblent l'indiquer ces analyses. Je présume la présence d'un bi-carbonate alcalin dans le lait de vache; du moins, j'ai vu qu'en le chauffant immédiatement après la traite, il s'en dégage tumultueusement de l'acide carbonique, au moment où il entre en ébullition : c'est à ce dégagement subite de gaz que j'attribue le soulèvement de la pellicule dont le lait est recouvert à la surface, quand il a été exposé pendant quelques instants à l'action de la chaleur. Dans les cendres du lait, il y a du phosphate basique de soude, et je suis bien persuadé que ce sel, dont les propriétés sont alcalines, contribue à la fois à la dissolution du caséum et à l'émulsion de la matière grasse.

Comme le lait intéresse plus particulièrement l'agriculture, je crois devoir consigner ici plusieurs faits qui se rattachent à son histoire.

Les trois substances que nous avons obtenues par l'analyse : le caséum, le sucre de lait ou *lactine* et le beurre, sont les principaux matériaux organiques du lait.

Caséum. En versant de l'acide sulfurique dilué dans du lait et chauffant le mélange, le caséum se rassemble en une masse que l'on malaxe dans de l'eau tiède pour en faire sortir la plus grande partie du sérum. On ajoute ensuite, en opérant à froid, du carbonate de soude, afin de dissoudre le caséum. On a alors une liqueur lactescente qu'on abandonne à elle-même. Si la température n'est pas au-dessous de 20 degrés, le beurre monte à la surface. Le liquide

Carbone.....	40,0
Hydrogène.....	6,7
Oxygène.....	53,3
	100,0

Beurre. Pour comprendre la préparation du beurre, il faut avoir une idée précise de la constitution physique du lait.

Les observations microscopiques établissent de la manière la plus évidente, que le lait tient en suspension des globules de dimensions diverses, qui, en raison de leur densité inférieure à celle de l'eau, tendent à s'élever à la surface du fluide. Ainsi, le lait abandonné dans un vase ne tarde pas à se partager en deux couches distinctes. La plus légère, la *crème*, se rassemble à la partie supérieure, et la couche la plus aqueuse, le lait écrémé, occupe le fond.

Cette sorte de départ se fait le mieux à la température de 12 à 15°. Quand il se développe une acidité suffisante, le lait se partage alors en trois parties : la crème, le sérum et le caséum coagulé. Cette manière de faire *crémer* le lait, en le laissant aigrir, a paru assez avantageuse pour être suivie dans quelques laiteries où l'on s'est imaginé obtenir plus de crème; mais dans les contrées où on a le mieux approfondi la préparation du beurre, on écrème avant qu'un signe acide se soit manifesté. On reconnaît qu'il est convenable de lever la crème, quand on peut y enfoncer un couteau sans qu'il remonte du lait à la surface (1).

(1) Thaer, *Principes raisonnés d'agriculture*, t. IV, p. 341.

Digitized by Google

Pour extraire le beurre de la crème, on la met dans une *baratte*, où elle est battue pendant un temps suffisant : par l'agitation, les parties grasses se séparent du sérum; elles se réunissent en grumeaux, d'abord très petits, ces grumeaux s'agglomèrent ensuite entre eux, jusqu'à former une pelotte, une masse contenant la majeure partie du beurre.

Le liquide restant est opalin, légèrement verdâtre, d'une acidité faible ; c'est le lait de beurre qui, indépendamment du sucre de lait, renferme encore une certaine quantité de substance grasse, et du caséum.

La facilité avec laquelle les globules gras se réunissent, s'agglomèrent, se soudent pour former la pelotte de beurre pendant le barratage, dépend de la qualité du lait et de la température. L'opération réussit le mieux à 12 ou 15°; c'est pour cette raison qu'en hiver on opère dans des endroits convenablement chauffés. Depuis longtemps on a renoncé à l'idée d'une action chimique exercée par l'oxigène de l'air dans la séparation de la crème et la préparation du beurre. Par des expériences délicates, exécutées par une commission de l'Académie des sciences, on a constaté que le beurre se sépare du lait, soit qu'on agisse dans le vide, dans l'hydrogène, ou dans le gaz acide carbonique.

A sa sortie de la baratte, le beurre est malaxé dans de l'eau, afin de le débarrasser autant que possible du petit lait et du caséum interposés ; quoi qu'on fasse cependant, il retient toujours une certaine quantité de ces matières, et c'est à leur présence qu'il

faut attribuer la promptitude avec laquelle il s'altère pendant la saison chaude. L'eau que garde le beurre frais préparé avec le plus de soins concourt aussi à favoriser cette altération; aussi, quand il s'agit de le conserver, on le fond, pour lui enlever son humidité et en séparer en même temps la matière caséeuse.

La fusion s'opère dans une chaudière de fonte; on élève graduellement la température. Bientôt il se forme une ébullition tumultueuse due à de la vapeur d'eau dont on favorise le dégagement en agitant continuellement. Lorsque toute l'eau est évaporée, les écumes cessent de se former. On retire du feu et on filtre le beurre en fusion au travers d'une passette qui retient les impuretés. Clouet a proposé de fondre au bain-marie, à une chaleur de 50 à 60° et de tenir en fusion assez longtemps pour que le caséum et le sérum puissent se déposer; enfin, de décanter. Par ce procédé, on purifierait certainement le beurre du caséum, mais on ne réussirait pas, je pense, à le priver de toute humidité, et c'est certainement là une des conditions qu'il faut réaliser pour en assurer la conservation.

L'humidité et le caséum que renferme le beurre frais à l'état commercial approchent de 18 p. 100; du moins, dans une fonte de 100 kilog. opérée à Bechelbronn, on éprouve ordinairement un déchet de 18 kilog. Dans les analyses du lait de vaches rapportées plus haut, le caséum et le beurre ont été dosés à un état complet de siccité. Les mêmes produits obtenus dans les laiteries retiennent toujours de l'eau;

ensuite on ne retire certainement pas toute la matière grasse contenue dans le lait; il en reste dans le petit lait et dans le lait de beurre.

J'ai cherché à me rendre compte de l'importance de la perte en beurre essuyée dans le barattage de la crème.

La baratte dans laquelle j'ai opéré est un tonneau placé horizontalement, dans l'intérieur duquel se meuvent circulairement plusieurs batteurs. On a battu pendant une heure 50 minutes, la température étant de 16 à 17°.

	kil.
Crème.....	24,135
On a retiré : Beurre en mottes.....	6,280
Lait de beurre par différence.	17,855

100 kil. de crème ont rendu 26 kil. de beurre. L'analyse a donné, pour la composition du lait de beurre :

Caséum et sels insolubles...	3,41
Beurre.....	1,58
Sucre de lait et sels solubles..	5,34
Eau.....	89,67
	100,00

Il y avait, par conséquent, dans les 17,85 kil. de lait de beurre 0,286 de matière grasse sèche, équivalant à environ 0,35 de beurre en motte. Il s'ensuit que, sur 100 de beurre faisant partie de la crème, il en est resté 5,3 dans le lait de beurre.

Les renseignements parvenus à ma connaissance sur le rendement du lait en beurre sont peu nom-

breux, et je puis ajouter assez vagues. Dans de rares localités, on obtiendrait, suivant quelques auteurs, de 100 de lait, en poids (1);

Jusqu'à.....	5,25 de beurre.
M. Zierle admet.....	2,77
M. Weit.....	2,47

Voici des résultats obtenus sous mes yeux, en Alsace.

De 100 kil. de lait, on a retiré :

	kil.
Crème.....	15,60
Fromage blanc pressé..	8,93
Petit lait.....	75,47
	100,00 (2)

Les 15 kil. 60 de crème ont donné, dans la baratte :

	kil.
Beurre.....	3,33. pour 100 : 21,2
Lait de beurre....	12,27

Rapportant ces divers produits au lait, on a, pour 100 kil. :

	kil.
Fromage blanc pressé.	8,93
Beurre.....	3,33
Lait de beurre.....	12,27
Petit lait.....	75,47
	100,00

(1) J'ai pris 1 kil. 03 pour le poids du litre de lait.

	kil
(2) Le petit lait obtenu directement a pesé.	74,35
Il y a eu une perte de.....	1,12
	75,47

Cette perte a été attribuée au petit lait, dont les linges employés en passoir et à la presse étaient imbibés.

De 206 kil. 08 de lait, fournis par des vaches nourries avec du foin, j'ai obtenu dans une autre expérience :

	kil.	Pour 100 de lait.
Crème.....	17,88	
Beurre.....	5,37	2,61
Fromage blanc pressé.	23,24	11,28
Petit lait.....	159,69	86,11 (1)
	206,08	100,00

Lorsqu'une partie du lait est employée à la fabrication de fromages gras, le rendement en beurre est naturellement amoindri. Près de Genève, dans la fruitière de Cartigny, 10,000 litres de lait donnent :

Beurre.....	165 kil. environ	1,6 pour 100
Fromage de Gruyère.	689	6,9
Serai.....	518	5,2

Près de là, dans un domaine de M. Lullin de Châteauvieux, la même quantité de lait rend :

Beurre....	190 kil.	1,9 pour 100
Fromage..	675	6,8
Serai.....	440	4,4

Le serai est du caséum coagulé pendant la cuite du petit lait.

On a reconnu depuis bien longtemps que le lait offre d'assez grandes différences dans sa qualité, selon qu'il est recueilli au commencement ou à la fin de la traite. M. Péligot s'est assuré de l'exactitude du fait,

(1) Y compris le lait de beurre provenant du barattage de la crème.

en examinant du lait d'ânesse d'une même traite, mais séparé en trois parties.

Composition.	Au commencement.	Au milieu.	A la fin de la traite.
Beurre.....	0,96	1,02	1,52
Sucre de lait....	6,50	6,48	6,45
Caséum.....	1,76	1,95	2,95
Matières solides.	9,22	9,45	10,92

M. Reiset a vu que, pour les vaches, la différence entre le résidu des matières solides de 100 parties de lait, pris en commençant et en finissant la traite, est quelquefois très-forte. Je rapporterai des nombres.

RÉSIDU LAISSÉ PAR 100 DE LAIT.			
Au commencement.	Beurre.	A la fin.	Beurre.
14,37	5,9	18,93	10,5
9,90	1,8	15,85	6,6
9,62	1,2	19,07	11,2
11,01	2,2	17,63	8,8

M. Reiset fait observer que, s'il est bien établi que le lait recueilli à la fin de la traite est plus chargé qu'au commencement, cette disposition n'est cependant pas absolue; car la différence ne se manifeste qu'autant que le lait a séjourné plus de quatre heures dans les mamelles.

Le lait de femme, comme M. Reiset l'a constaté, présente aussi des variations très-appréciables par l'analyse, suivant qu'il est recueilli avant ou après que l'enfant ait pris le sein.

Le lait d'une nourrice âgée de vingt-sept ans, accouchée depuis onze mois, a laissé en résidu sec, pour 100 parties :

Digitized by Google

Avant de donner le sein.	Beurre.	Après avoir donné le sein.	Beurre.
10,58	2,0	12,93	1,9
10,81	3,3	12,32	4,1
12,78	3,9	15,52	7,4
12,18	3,3	15,41	7,0

La différence, dans la composition du lait de femme, dépend des variations dans la proportion des matières grasses; comme dans le lait de vache, le caséum et le sucre conservent, à peu de chose près, les mêmes rapports.

M. Reiset pense que la séparation de la matière grasse du lait, dans la mamelle de la vache, est un fait que l'on devrait mettre à profit, en réservant, pour la préparation du beurre, les dernières parties de la traite. L'expérience, d'accord avec les résultats de l'analyse, montre qu'on arriverait ainsi à obtenir un lait de choix dont on retirerait beaucoup plus de beurre.

En août, en huit jours, une vache, appartenant à M. Reiset, a fourni 106 kil. de lait, dont on a extrait 4,85 kil. de beurre en motte; soit, pour 100 de lait, 4,57.

En septembre, du 6 au 10, la vache a donné 62,41 kil. de lait et 2,81 kil. de beurre; soit, pour 100, 4,5.

En traitant en totalité, le lait rend, pour 100, 4,5 de beurre.

Du 27 septembre au 3 octobre (1).

Le lait a pesé..... 79 kil.

(1) J. Reiset, *Annales de Chimie et de Physique*, t. 25, 3e série.

Le lait des fins de traites....	18,76
Beurre obtenu.....	1,25
Pour 100 de lait, beurre....	6,66
Du 4 au 7 octobre, lait total.	42,84
Lait des fins de traites.....	8,56
Beurre obtenu.....	0,72
Pour 100 de lait.....	8,41
Du 8 au 15 octobre.	
Lait.....	85,85
Lait des fins de traites.....	12,50
Beurre obtenu.....	1,05
Pour 100 de lait, beurre.....	8,40

Le lait est fréquemment l'objet de falsifications, de fraudes d'autant plus blâmables, qu'elles portent sur un aliment dont l'usage est des plus répandus. Après avoir amoindri la qualité butyreuse, en prélevant une certaine quantité de crème sur le lait expédié dans les villes, on y ajoute encore de l'eau; et pour dissimuler cette addition, dont l'effet est de diminuer la consistance, on y incorpore, non plus de l'amidon, de l'infusion de riz, comme cela se pratiquait avant que l'iode n'ait été signalé comme un réactif propre à déceler la présence de ces matières, mais du sucre de pomme de terre, et divers extraits. On assure qu'une des falsifications pratiquées pour communiquer de l'opacité au lait écrémé, consiste à y introduire certaines argiles blanches et très-onctueuses, qui restent dans un état permanent de suspension. Pour constater cette fraude, il suffit d'évaporer une quantité déterminée du lait suspect et d'incinérer le résidu. Si l'on obtenait plus de 1 1/2 de cendres pour 100, il y aurait lieu de soupçonner l'addition d'une substance minérale, parce que le lait pur ne laisse tout

au plus, après l'incinération, que 8 millièmes de matières terreuses et salines.

Le lait abandonné à lui-même ne tarde pas à s'aigrir, surtout si la température de l'atmosphère est au-dessus de 16 à 18 degrés; dans des vases fermés l'altération est moins prompte. L'acide développé durant cette altération est de l'acide lactique, qui, en réagissant sur le caséum, le précipite à l'état de *caillé*. On prévient la fermentation acide en chassant, par l'ébullition, l'air qu'absorbent tous les liquides; c'est ainsi que M. Gay-Lussac a conservé du lait pendant plusieurs mois, en prenant la précaution de le faire bouillir tous les jours pendant quelques instants.

Le caillé étant le résultat de l'action d'un acide développé sur la partie caséeuse, on retarde sa formation par l'addition de 1/2000 de bicarbonate de soude (1). L'acide est saturé à mesure qu'il se développe, et il ne se porte pas sur le caséum aussi longtemps qu'il est en présence de l'alcali. Ce moyen n'a rien de nuisible, mais il ne constitue pas moins une fraude.

Comme il peut être utile, dans les questions relatives à l'alimentation, de connaître la composition élémentaire du lait de vache, je rappellerai qu'après une dessication opéré à 110, il contient :

(1) 1 gramme pour 2 litres de lait.

Carbone.....	54,6
Hydrogène.....	8,6
Oxygène.....	27,9
Azote.....	4,0
Sels.....	4,9
	100,0

Fromage.

Les acides ne sont pas les seules substances capables de déterminer la coagulation du lait ; il en est une fort remarquable, la pressure, qui produit un semblable effet, alors même qu'on l'emploie à dose excessivement faible. On ignore absolument comment elle agit. Voici la manière la plus généralement suivie pour la préparer :

On recueille les grumeaux, non encore digérés, qui se trouvent dans la caillette d'un veau nourri au lait. On les lave à l'eau fraîche, et, après les avoir essuyés avec un linge, on les mêle avec du sel, puis on les remet dans la caillette, que l'on plie et que l'on fait sécher. Pour cailler le lait, on élève sa température à 30° environ, puis l'on fait agir la *pressure*, qu'on emploie, soit à l'état solide, soit en infusion. Dans le premier cas, on plonge un morceau de caillette directement dans le lait, ou mieux encore, après l'avoir enveloppée dans un nouet de linge. Dans le second cas, on fait infuser pendant quelques heures de la pressure avec un peu d'eau tiède que l'on verse ensuite dans le lait : 10 centimètres carrés d'une bonne caillette suffisent pour déterminer la coagulation d'une quantité de lait capable de fournir un fromage

de 15 à 20 kilogrammes. On a prétendu que la pressure agissait, en déterminant, comme ferment azoté, la transformation d'une certaine quantité de sucre de lait en acide lactique; mais M. Selmi a fait voir que cette explication est inadmissible, puisqu'on peut obtenir, après la coagulation un sérum dans lequel on retrouve les propriétés alcalines que le lait possédait. Il y a plus, cet observateur a vu l'action de la pressure s'exercer sur du lait dont on avait augmenté l'alcalinité en y ajoutant de la soude (1).

Lorsque le caillé est formé, on le divise doucement, au moyen d'une cuillère de bois, pour favoriser la sortie du sérum. On achève la séparation du liquide, en soumettant le caillé à une pression qu'on exerce graduellement; à cet effet, on l'enveloppe d'un linge, et on le place dans des moules en bois ou en terre, percés de trous à la partie inférieure. Le degré de pression que l'on fait subir au fromage varie considérablement, suivant les produits que l'on confectionne. Les fromages fins sont à peine pressés; quelquefois on ne les presse pas du tout; quelquefois aussi, la pression s'exécute en deux temps, c'est-à-dire qu'après l'avoir laissé deux ou trois heures sous presse, on désagrége le fromage avec la main, pour le represser ensuite, après l'avoir mis dans un nouveau linge. Quand il a *suinté*, on le tient dans un endroit chaud, pour en sécher la surface, et on le porte au magasin où on le sale en frottant alternative-

(1) Selmi, *Journal de pharmacie*, 3e série, t. IX.

ment les deux faces avec du sel en poudre. Cette méthode s'applique particulièrement aux fromages de petite dimension, tels qu'on les fait pour la consommation de la ferme, afin d'utiliser le caillé du lait écrémé. Le procédé, bien qu'il soit le même au fond, n'est cependant plus aussi simple lorsqu'on prépare des produits marchands. Ainsi, dans les fruitières du Jura, après avoir reporté le caillé divisé dans la chaudière, on lui fait subir, pendant un quart d'heure environ, une température de 60° à 70°, en le remuant continuellement avec une spatule en bois. On retire la chaudière du feu, quand l'on juge que le caséum est devenu assez consistant, mais on continue d'agiter encore pendant un quart d'heure. On reçoit le dépôt sur une toile, et on le place avec la toile dans un moule, afin d'en expulser par la pression le liquide interposé. Le même jour, on retourne deux ou trois fois le fromage avant de le porter dans la cave, où tous les matins on le saupoudre de sel, après l'avoir essuyé avec un linge : la salaison est ordinairement opérée en une semaine.

Après que le caséum coagulé par la pressure est enlevé de la chaudière, il reste le petit lait. En le faisant bouillir, il s'en sépare, à l'état d'écume, une matière nommée *brèches* dans le Jura, mélange de fromage et de crème qui ne s'étaient pas réunis à la masse caséeuse coagulée. Les brèches enlevées, on ajoute de la nouvelle pressure pour obtenir le reste du caséum, le *serai*, c'est un fromage sec, très-pauvre en matières butyreuse qui se rassemble à la surface du li-

quide; on l'enlève à l'aide d'une écumoire(1). Il reste alors dans la chaudière du petit lait clarifié, d'une couleur jaune tirant au vert, légèrement acide, et qu'on donne à la porcherie, quand on n'en extrait pas le sucre de lait.

En résumé, la préparation du fromage se réduit : 1° à coaguler le lait, soit par la caillette, soit en le laissant aigrir spontanément ; 2° à rompre le *caillé*, pour aider à l'expulsion du sérum ; 3° à presser et mouler le caillé ; 4° à saler et à conserver en cave; 5° à extraire du petit lait, lorsqu'on ne l'utilise pas autrement, les *brèches* et le *serai* : quant aux détails de ces diverses opérations fondamentales, ils varient, pour ainsi dire, dans chaque localité.

Certains fromages, ceux de Roquefort, du Mont-d'Or, sont faits avec un mélange de lait de brebis et de lait de chèvres ; aussi ont-ils des qualités spéciales.

Le fromage de Gruyère est préparé avec du lait en nature. Il est telle circonstance où l'on fait usage de lait préalablement écrémé, par exemple, pour le *Parmesan*, dont la pâte est colorée avec du safran. Dans telle autre, on extrait le beurre de la traite du soir, et on la réunit le jour suivant à la traite du matin ; enfin, pour faire les meilleurs qualités de *Chester*, on ajoute la crème d'une traite au lait non écrémé d'une autre traite. On obtient ainsi, par la suppression totale ou partielle, ou bien par une addition de crème, des fromages maigres, demi-gras, gras ou très-gras.

---

(1) Bonnet, *Agriculture de la Franche-Comté.*

Une condition des plus favorables à la bonne confection des fromages est de disposer de caves dont la température soit peu élevée et à peu près invariable ; il est à désirer qu'elles aient leurs ouvertures au nord ; les mouches y sont alors moins abondantes ; et, pour les fromages fins, il est si important que les vers ne s'y développent pas, que l'on prend quelquefois la précaution de les couvrir avec des garde-mouches faits en toile métallique.

C'est à la basse température de ses caves que Roquefort doit la perfection, et par suite la réputation de son fromage. Dans ces grottes où il arrive de l'intérieur du sol, par les fissures de la roche, un courant constant d'air froid, le thermomètre se maintient pendant toute l'année à 4° environ.

Il est difficile d'expliquer par quelle action, le caséum se transforme en fromage ; ce n'est pas d'ailleurs le caséum chimiquement pur qu'on a à considérer dans cette transformation, mais un mélange, en proportions fort variables, de tous les principes constitutifs du lait, car le sucre de lait n'est pas complétement éliminé lors de la coagulation. On sait seulement, par les recherches de Proust, que le vieux fromage renferme une matière d'un blanc éclatant, onctueuse au toucher, soluble dans l'eau bouillante, et peu sapide ; c'est cette même matière que l'on obtient en faisant putréfier le caséum. La saveur piquante et l'odeur forte du vieux fromage sont dues aux acides gras et aux sels à base d'ammoniaque développés dans la fermentation.

Tissu osseux. — Les os sont formés d'une matière animale, la gélatine, unie à une forte proportion de sels terreux, dans lesquels domine le phosphate de chaux; la présence de ce sel n'a rien de surprenant, puisqu'il entre dans toutes les plantes dont se nourrissent les animaux.

Destinés à supporter et à garantir les parties molles de l'organisme, le système osseux est doué d'une très grande solidité; à l'extérieur les os sont enveloppés d'une membrane, le périoste. Les os ronds sont traversés par un canal renfermant de la moelle.

En traitant les os avec de l'eau, dans le digesteur de Papin, on dissout toutes leurs matières gélatineuses; on se procure encore la gélatine en mettant les os préalablement dégraissés, dans de l'acide chlorhydrique; en quelques jours, la substance terreuse est complétement dissoute, et la matière animale après avoir été lavée et desséchée, se conserve sans subir d'altération.

Le rapport entre la substance organique et la matière minérale du système osseux varie avec l'espèce et l'âge des animaux. Dans la jeunesse, le tissu cellulaire domine; chez les adultes, les sels sont prépondérants :

TABLEAU

	MATIÈRES inorganiq.	MATIÈRES organiques.	OBSERVATEURS.
Fémur d'un enfant mort-né.	42,5	57,5	Rees.
Id. d'un adulte.....	37,5	62,5	Id.
Côtes de l'enfant.....	46,3	53,7	Id.
Id. de l'adulte.....	42,5	57,9	Id.
Os de bœuf.....	33,0	67,0	Berzélius.
Os du crâne de morue.....	44,0	56,0	Chevreul.
Os de brochet.....	37,4	62,6	Duménil.
Os d'un porc nouveau né (squelette entier).....	57,0(1)	43,0	Boussingault.
Os d'un porc de huit mois (squelette entier).....	53,4	46,6	Id.
Os d'un porc de onze mois..	53,5	46,5	Id.

(1) Ces squelettes avaient été desséchés à l'air, après les avoir fait bouillir dans de l'eau pour enlever la graisse.

La matière organique des os est presque entièrement formée de gélatine, ou plutôt d'une substance capable de donner cette matière.

Les substances minérales, qui réunies à la gélatine constituent le tissu osseux, consistent principalement en phosphate de chaux basique, avec lequel se trouvent du phosphate de magnésie, du carbonate calcaire, des sels alcalins et des traces de fluorure de calcium.

Tableau.

Composition de la substance minérale des os.

	PHOSPHATE de chaux.	PHOSPHATE de magnésie.	CARBONATE de chaux.	SELS alcalins.	AUTEURS des ANALYSES
Os d'homme.....	79,4	1,7	16,9	2,0	Berzélius.
Os de bœuf.....	86,0	3,1	5,8	5,1	Id.
Os de poisson.....	85,5	3,9	9,8	0,8	Chevreul.
Squelette du porc nouveau-né.....	84,1	11,0	4,5	0,4	Boussing.
Squelette du porc de 8 mois.....	91,3	3,6	3,6	1,5	Id.
Squelette du porc d'un an.....	92,4	3,8	3,4	0,4	Id.

Développement du système osseux.

Il était intéressant d'étudier le développement du système osseux chez de jeunes animaux, à l'époque de leur croissance. C'est cette étude que j'ai entreprise, en recherchant à l'aide de l'analyse la quantité et la nature des substances minérales assimilées pendant la formation du squelette de porcs de même origine et à des âges divers. J'ai examiné, en outre, si on rencontrait toujours dans la nourriture les éléments nécessaires à l'ossification.

J'ai pesé le squelette d'un porc tué au moment où il venait de naître, puis ceux de deux autres porcs parvenus l'un à l'âge de huit mois, l'autre à l'âge de onze mois et demi. Les cendres de ces squelettes ont été déterminées et analysées.

COMPOSITION DE LA CENDRE DES OS DU PORC.

	Nouveau né.	Agé de huit mois.	Agé de 11 mois et demi.
Chaux.....	49,1	51,8	53,0
Magnésie.....	5,2	1,7	1,8
Acide phosphorique.	45,0	43,7	44,8
Acide carbonique...	»	1,2	0,4
Sels alcalins.....	0,4	1,6	0,4
	100,0	100,0	100,0

Si nous recherchons maintenant quel a été l'accroissement du poids du squelette depuis sa naissance jusqu'au huitième et au onzième mois, nous constatons les résultats suivants :

DÉSIGNATION DES PORCS.	POIDS des porcs.	SQUELET séché à l'air.	POIDS des cendres.	ACIDE phosphor	CHAUX.
	kilog.	gr.	gr.	gr.	gr.
Nouveau-né.....	0,65	48	21	9	10
N° 1. Agé de 8 mois.....	60,55	2901	1353	591	701
Assimilation en 8 mois....	59,95	2853	1332	582	691
Assimilation par jour.....	»	11,7	5,5	2,4	2,8
N° 2. Agé de 11 mois ½...	67,24	3407	1586	711	841
Assimilation en 93 jours..	6,69	554	254	129	150
Assimilation par jour.....	»	6	2,6	1,4	1,6

Comme on devait s'y attendre, on voit que le développement du système osseux a surtout été très-rapide dans les huit mois qui ont suivi la naissance, et qu'ensuite l'assimilation des principes terreux s'est considérablement ralentie. Dans la première période, la nourriture normale de la porcherie, variée et abondante, renfermait bien au delà des quantités

d'acide phosphorique et de chaux qui ont été fixées dans l'organisme; mais il n'en n'a plus été ainsi dans la période suivante, durant laquelle le porc dans un but particulier d'expérience, avait été soumis au régime exclusif des pommes de terre; en effet, ces tubercules contenaient 0,01 de cendres, dans lesquelles il entrait, pour 100 :

Acide phosphorique.....	11,3
Chaux.....	1,8
Magnésie.....	5,4
Acide sulfurique, potasse, soude, etc.	81,5
	100,0

En quatre-vingt-treize jours, le porc a consommé 544 kilogrammes de pommes de terre, dans lesquels il y avait 5 kil., 44 de substances minérales contenant :

	Acide phosphor. gr.	Chaux. gr.
	615	98
Or il y a eu de fixé.....	129	159
Différence	+ 486	— 52

On a donc trouvé dans les os formés durant les quatre-vingt-treize jours de régime exclusif, 52 grammes de chaux de plus qu'il n'en existait dans les pommes de terre consommées. Cette différence est plus considérable encore, si, comme on doit le faire, on tient compte de la chaux qui faisait partie des déjections.

Les excréments solides rendus en quatre-vingt-treize jours pesaient, après dessication, 16 kil., 6. L'analyse

y a indiqué 0,013 de chaux, ce qui porte la totalité de cette terre à 216 grammes ; de sorte que la chaux assimilée ou excrétée s'est élevée à 268 grammes, quoique la nourriture n'en renfermât que 98 gr.

Ce résultat aurait lieu de surprendre, si l'on ne savait que l'eau dont on fait usage pour délayer les pommes de terre n'est pas exempte de chaux. Cette eau contient par litre 0 gr., 353 de carbonate calcaire, ou 0 gr., 199 de chaux. Dans les quatre-vingt-treize jours, le porc a pris 900 litres d'eau, renfermant par conséquent 179 grammes de chaux, qui, ajoutés aux 98 grammes qui étaient dans la nourriture, forment 277 grammes pour la quantité qui a été ingérée durant le régime.

	gr.
Chaux ingérée avec l'aliment.....	277
Chaux fixée dans les os ou rendue avec l'excrément.	268
Différence.....	9

Il y a presque égalité ; la différence provient probablement des erreurs inévitables dans une expérience de cette nature. Cependant le sens de cette différence s'explique en partie, d'abord parce qu'il y a évidemment de la chaux fixée autre part que dans le système osseux, et ensuite parce que l'urine, qui n'a pas été dosée, n'en est pas absolument privée.

On voit que les substances salines dissoutes dans l'eau sont intervenues dans l'alimentation, qui sans leurs concours aurait été insuffisante, puisque les pommes de terre ne contenaient pas, à beaucoup près, la chaux nécessaire à la formation des os ; et il

est très-vraisemblable que si le porc eût été rationné avec des tubercules délayés dans de l'eau distillée, il aurait éprouvé tous les inconvénients qui se manifestent quand l'aliment ne renferme pas assez de matières calcaires. La présence du carbonate de chaux dans l'eau potable n'est donc pas une chose entièrement indifférente, et il est possible que, dans plusieurs circonstances, on améliorerait une ration, en y ajoutant une faible proportion de carbonate calcaire.

Digitized by Google

CHAPITRE XVI.

DE L'ÉCONOMIE DES ANIMAUX ANNEXÉS A L'INDUSTRIE AGRICOLE.

De la production animale et de sa relation avec la formation des engrais.

Dans le cas le plus général, l'industrie agricole embrasse la propagation et l'engraissement du bétail, l'élève ou tout au moins l'entretien des chevaux, la production des bêtes ovines et celle des porcs. Les circonstances dans lesquelles il n'est pas indispensable aux cultivateurs de se livrer à l'élève sont de rares exceptions, et elles ne se présentent que là où il est facile de se procurer des engrais par la voie du commerce, ou bien dans des situations plus favorisées encore, lorsque, par exemple, la puissante fertilité du sol dispense de l'améliorer après qu'il a donné les récoltes. Dans la proximité des grands centres de population, on peut acheter des fumiers, et dans les régions tropicales, il n'est pas sans exemple de voir de riches plantations de cannes à sucre, de café, d'indigo et de cacao entièrement privées de ce que nous appelons en Europe l'*économie du bétail*.

Digitized by Google

Mais dans les conditions les plus ordinaires de la culture, on est obligé de se livrer à une ou plusieurs branches de cette économie, et il doit toujours exister une certaine relation entre le nombre des animaux à entretenir et l'étendue de la surface cultivée.

L'extension qu'il convient de donner dans un domaine à l'élève ou à l'entretien des animaux, l'espèce sur laquelle la spéculation doit s'exercer dépendent de circonstances trop variables pour établir des règles générales à cet égard. Dans telle localité on jugera convenable de créer et d'élever du bétail, dans telle autre on se bornera à élever ; ici, on consacrera la plus grande partie des fourrages à l'engraissement; là, on aura uniquement en vue la production du lait ; enfin, il est telle condition où l'on se limitera à l'entretien des bêtes d'attelage, ou, en d'autres termes, à produire de la force.

La question de savoir si la culture des céréales ou celle des plantes industrielles est plus lucrative que l'économie du bétail est fort souvent agitée; mais il est de toute évidence que la solution dépend de la position commerciale dans laquelle se trouve placé le domaine, des prix moyens des différentes denrées qu'il est apte à produire, et d'une connaissance parfaite de l'état du marché. Toutefois, en supposant même que la production des céréales fût jugée réellement plus avantageuse, il ne s'ensuivrait pas que le cultivateur dût s'y adonner exclusivement, à cause de la nécessité de créer des engrais, et tout ce qui serait permis dans cette occurence serait de restrein-

dre autant que possible la branche d'industrie reconnue la moins avantageuse.

Dans un grand nombre de localités où la culture arable est établie et perfectionnée, l'économie du bétail semble présenter très-peu de bénéfices ; il arrive même souvent que le compte particulier de l'étable se trouve soldé en perte, lorsqu'on assigne au fourrage consommé le prix qu'on en aurait retiré sur le marché voisin. Cette perte, d'après la comptabilité de la plupart des agriculteurs, se trouve balancée par les engrais produits dont elle représente ainsi la valeur.

C'est d'après cette manière de voir que d'habiles agronomes considèrent le bétail d'une ferme comme un *mal nécessaire* (1). Je ne saurais partager cette opinion. Le bétail n'est pas un mal, c'est une exigence de la situation. Il suffit, en effet, de se rappeler le principe que nous avons établi, en traitant des assolements, savoir : *Que, dans aucun cas, il n'est possible d'exporter d'un domaine plus de matière organique, et particulièrement plus de matière organique azotée, que l'excès en sus de la matière contenue dans les engrais consommés dans le cours de l'assolement. En agissant autrement, on diminuerait infailliblement la fertilité normale du sol.*

Ce principe admis, et je crois qu'il ne saurait être contesté, il est clair qu'une partie des produits récol-

(1) Crud, *Economie théorique et pratique de l'Agriculture*, t. II, p. 235.

tés doit retourner dans la terre pour la féconder de nouveau ; et c'est précisément cette fraction des récoltes fourragères, destinée à former les engrais, qui doit être consommée dans les étables. En raisonnant d'une manière abstraite, ces plantes fourragères, qui ne doivent pas sortir du domaine, pourraient être enfouies directement comme engrais, sans passer par le corps des animaux : leur action fécondante sur le sol resterait sensiblement la même, et c'est au reste ce que l'on pratique réellement toutes les fois que l'on fume, en enterrant une récolte en vert. Mais pour peu qu'on soit initié aux premiers principes de l'art agricole, on aperçoit de suite l'avantage de la pratique usuelle, qui consiste à utiliser d'abord comme fourrage les récoltes destinées à la production des engrais. En effet, nous verrons bientôt qu'en ajoutant à la partie de ces récoltes un supplément de plantes fourragères qu'il serait loisible d'exporter, sans déroger au principe fondamental que nous avons admis, on obtient la même quantité de fumier, et que de plus on transforme la totalité de ce supplément en forces utiles ou en produits animaux dont la valeur commerciale est supérieure à celle que possédaient les aliments avant leur assimilation. C'est uniquement le prix de cette partie des fourrages fixée ou modifiée par l'organisme qu'il convient de porter au débit de la force, de la chair, de la laine ou du lait produits par les animaux créés ou entretenus dans le domaine. Quant aux plantes fourragères purement transformées en engrais, on ne saurait, selon moi, leur assigner

pour valeur le prix du marché, puisqu'il n'était pas au pouvoir du cultivateur de les vendre. Dans ma manière d'envisager la question, leurs frais de production, leur prix de revient, constituent un capital circulant, dont l'intérêt annuel, évalué à un certain taux, exprime la valeur vraie du fumier employé dans le cours de la rotation. En un mot, à mes yeux, la valeur des engrais qui fécondent le sol est représentée par la valeur de la main d'œuvre qu'il a fallu employer, par les frais généraux qu'on a dû supporter pour produire, par la culture, les fourrages dont ils dérivent.

Je chercherai plus loin à éclaircir ce point par un exemple; mais, pour bien comprendre cette appréciation de la valeur du fumier, il nous manque plusieurs éléments que je me propose de rassembler dans ce chapitre. Dans ce but, je présenterai d'abord les faits que j'ai pu recueillir, ou que j'ai été à même d'observer sur l'économie des animaux attachés à l'industrie agricole, et j'essaierai ensuite d'en déduire la relation qui existe dans la consommation des fourrages et de la litière, la production animale et la confection des engrais.

§ 1. Bétail.

L'histoire des animaux sur lesquels s'exerce l'industrie agricole ne saurait entrer dans le plan que je me suis tracé. La connaissance des espèces les plus avantageuses à propager, l'amélioration des différentes races, exigeraient, pour être traitées plus con-

venablement, une somme de connaissances pratiques que je suis bien loin de posséder. Comme la plupart des cultivateurs doués de quelque instruction, je me suis borné à étudier les espèces que nous entretenons, et sur lesquelles il m'a été permis de faire des observations journalières. Au reste, pour l'ensemble des questions que nous avons à examiner, il suffit d'exposer, très-succinctement, les principes généraux établis par les hommes compétents, qui ont fait des animaux domestiques une étude particulière (1).

Il existe entre les formes extérieures des animaux, leurs proportions et les organes internes essentiels aux fonctions de la vie une connexion évidente. Une poitrine large, élevée, est un indice de l'ampleur des poumons et un signe d'une bonne constitution. La cavité *pelvienne* formée par l'assemblage des hanches et de la croupe doit être spacieuse dans les femelles, afin qu'elles puissent mettre bas avec facilité. Dans le bétail, une petite tête indique ordinairement une bonne race, et cette condition rend d'ailleurs la naissance plus aisée. Chez les animaux réduits à l'état de domesticité, les cornes sont plutôt nuisibles qu'utiles, aussi un mode d'éducation opposé à leur développement ajoute un gain très-sensible à la production de la chair ou de la laine. La force d'un animal paraît dépendre beaucoup plus de la grosseur de ses

(1) Cline, *Massachusett agricultural repository and Journal*; Spencer, *Du choix des animaux mâles pour l'élève des bêtes à cornes et des bêtes à laine*; *Journal de Bixio*, t. IV, p. 35.

muscles que de celle de sa charpente osseuse, et il arrive fréquemment que des animaux qui, dans leur jeunesse, n'ont pas reçu une alimentation suffisante, ont le tissu osseux extrêmement développé. Une grande ampleur dans les muscles est donc un mérite qu'il faut apprécier; selon Spencer, c'est chez le bétail un signe certain que la chair des descendants sera mêlée de gras et de maigre dans les proportions voulues pour constituer une bonne viande. C'est par l'épaisseur de l'encolure que l'on reconnaît chez le bélier, comme chez le taureau, le développement du système musculaire. Un cou mince est un défaut capital dans les formes que l'on recherche dans un reproducteur.

On suit généralement deux méthodes pour perfectionner les formes extérieures: l'une consiste à n'employer constamment à la reproduction que les animaux les plus parfaits d'une même race et d'un degré de parenté très-rapproché; dans l'autre, on fait accoupler des mâles et des femelles d'une race voisine, possédant à un plus haut degré les qualités que l'on désire transmettre à celle que l'on possède : cette dernière méthode est celle du *croisement*.

Quand on est déjà en possession d'une race qui approche du point de perfection où l'on peut raisonnablement espérer d'atteindre, la voie la plus prudente est de suivre la première méthode, que l'on désigne par le nom de *propagation de la race toujours en dedans*.

Bien que la convenance de la méthode par la-

quelle on propage par eux-mêmes les animaux de la même famille soit généralement reconnue, on a cependant prétendu qu'au bout d'un certain temps cet accouplement réitéré entre proches parents exerce une influence défavorable sur la descendance. Les éleveurs qui ont soulevé cette opinion reconnaissent à la vérité que les animaux prennent des os moins gros, et montrent une disposition prononcée à engraisser; mais ils ajoutent qu'à la suite de ces avantages viennent de grands inconvénients. Selon eux, une race qui se perpétue dans la famille même devient, après plusieurs générations, moins robuste et plus sujette aux maladies; les vaches produisent moins de lait, et les mâles, en perdant de leurs formes masculines, finissent par être peu propres à la reproduction. Aussi divers agriculteurs anglais, qui partagent cette opinion, sont dans l'usage de remplacer les mâles par des individus bien constitués de la même race, pris au dehors. J'avoue que je n'ai aucun motif pour admettre cette influence fâcheuse de la propagation continue dans la même famille. Notre étable ne se renouvelle pas autrement depuis très-longtemps, sans que pour cela la race, surtout celle des mâles, ait baissé en valeur; nos taureaux se sont au contraire grandement améliorés.

Un principe dont il ne faut jamais s'écarter lorsqu'il s'agit d'améliorer les formes d'une même race est, suivant M. Cline, de choisir des femelles non-seulement bien conformées, mais dont la taille soit assez au-dessus de la taille moyenne pour se rappro-

cher autant que possible de celle des mâles (1); le même observateur affirme que, lorsque le père est d'une ampleur de beaucoup supérieure à celle de la mère, la descendance peut réellement se détériorer. M. Cline voit la raison de ce fait dans ce que le volume du fœtus dépend de celui du mâle, et que, par conséquent, une femelle trop petite de taille ne dispose pas d'assez d'espace et ne forme pas une alimentation suffisante à son fruit, s'il est l'œuvre d'un mâle beaucoup plus volumineux qu'elle. Quoi qu'il en soit de cette explication, qu'il ne faut pas se hâter d'adopter, M. Cline rappelle que la grande amélioration de la race des chevaux en Angleterre, amélioration qui a eu lieu par les croisements de petits étalons, les barbes et les arabes, est une conséquence du principe qu'il soutient, et l'introduction des juments flamandes aurait encore été, par la même raison, une autre source de perfectionnement. Enfin, c'est pour avoir méconnu ce principe que, toujours suivant M. Cline, on est arrivé si fréquemment à des résultats désastreux dans les tentatives faites en divers pays pour perfectionner la race chevaline. Ce judicieux observateur rapporte à cette occasion, qu'à une époque où les chevaux bais de haute stature étaient avidement recherchés, les fermiers du Yorkshire imaginèrent de faire saillir leurs juments par les étalons les plus forts qu'ils purent se

(1) Sinclair, *Agriculture pratique et raisonnée*, t. I, p. 193, traduct.

procurer, et qu'ils détériorèrent ainsi leur race, en faisant naître des animaux trop hauts sur jambes et à poitrine étroite.

M. Spencer admet, avec tous les éleveurs, que les qualités corporelles et constitutives sont presque toujours celles que possédaient les ascendants, et que, dans le plus grand nombre de cas, les qualités du père prédominent dans sa postérité, surtout chez la race bovine et les bêtes à laine. Ce point établi, il en résulte que le choix d'un bon mâle est une des premières conditions de succès. Cependant, comme il ne faut pas s'attendre à rencontrer un étalon sans défauts, le meilleur, comme le remarque Spencer, est celui qui en possède le moins ; et le soin constant que doit prendre l'éleveur, c'est de ne pas appareiller les animaux qui présentent des imperfections du même ordre. Il faut, autant que possible, faire saillir une femelle tarée dans ses formes par un mâle doué au plus haut degré des qualités qui manquent chez elle. Toutefois, comme en thèse générale, la mère n'est pas sans influence sur la descendance, l'accouplement des animaux de même race est le moyen le plus sûr d'obtenir un accroissement de taille, lorsqu'il est possible d'assigner à la progéniture une abondante alimentation pendant toute la durée du jeune âge. L'influence de la nourriture est tellement manifeste, que je vois dans nos environs du bétail issu des taureaux de Bechelbronn rester bien inférieur, par la taille et par

les formes extérieures, à celui qui est élevé dans nos étables.

Au reste, le développement de la taille d'une race ne doit pas toujours être considéré comme un perfectionnement, car une haute stature n'est pas constamment l'indice d'une bonne constitution. L'amélioration dans les formes reconnues comme les plus avantageuses, les plus productives, pour les circonstances de climat et d'alimentation où se trouve placé le troupeau, doit être le but essentiel de l'éleveur. Il importe par dessus tout de créer des animaux robustes, et les tentatives que l'on a faites souvent pour accroître la taille des races originelles n'ont donné quelquefois qu'une race mal conformée, moins rustique et plus sujette aux épizooties.

Le degré d'amélioration d'une race originelle est bien évidemment subordonné à l'abondance et à la qualité des fourrages dont on dispose. Dans les pays montagneux, peu riches en pâturages nourrissants, il faut borner considérablement les prétentions à former une belle race ; et, dans une situation semblable, on doit s'estimer heureux d'obtenir un bétail robuste dont la qualité dominante soit d'être peu exigeant sous le rapport de la nourriture, qui, pendant une grande partie de l'année, consiste en un herbage grossier.

Le bœuf (*bos taurus*) est réduit à l'état de domesticité depuis les temps les plus reculés, et on ne peut que se livrer à des conjectures plus ou moins douteuses sur l'origine de sa race primitive. Il s'accou-

tume avec une facilité singulière aux circonstances climatériques les plus opposées. Il se multiplie avec une rapidité prodigieuse dans les régions les plus chaudes des tropiques. Inconnu au nouveau continent avant l'époque de la conquête, il peuple aujourd'hui les steppes immenses des grands bassins de l'Orénoque et des Amazones, et on le retrouve avec une égale abondance sur les plateaux les plus élevés et les plus froids des Andes. En Amérique, la race bovine habite jusqu'à la limite de la végétation, là où commencent les neiges éternelles; elle prospère partout où elle trouve de la nourriture, paraissant insensible aux plus grandes variations de température.

Le buffle (*bos babulus*) est, avec le bœuf ordinaire, le seul qui ait été dompté; il se plaît dans les régions chaudes. On suppose qu'il a été introduit en Italie vers le sixième siècle, et qu'il est originaire de l'Asie orientale. On retrouve le buffle en Hongrie, en Grèce, et, dans les contrées où il est connu, on l'utilise comme bête de travail et comme nourriture (1).

Pour la propagation du bétail, il convient de choisir des taureaux avec le plus grand soin. Selon Thaer, le taureau doit avoir un cou peu allongé et charnu, une tête courte, un front large et crêpé, des yeux noirs et vifs, des oreilles longues et bien placées, une poitrine large, un corps étendu, des jambes courtes et en forme de colonnes (2). Un taureau bien

(1) Low, *Cours d'Agriculture*, t. II, p. 210.

(2) Thaer, *Principes raisonnés d'agriculture*, t. IV, p. 296.

conformé pourrait suffire à soixante-dix ou quatre-vingts vaches, si les époques du rut étaient réparties également dans le cours de l'année. Comme il n'en est pas ainsi, Thaer estime qu'il faut porter à vingt le nombre de vaches qu'un taureau peut servir.

La vache est de toutes les femelles celle qui donne du lait en plus grande abondance ; sa mamelle, extrêmement développée, est pourvue de quatre tétines, bien qu'elle ne mette au monde qu'un seul petit à la fois. On a cherché à reconnaître chez les vaches des signes déduits de la conformation qui indiqueraient une bonne laitière, chaque éleveur semble s'être fait une règle à cet égard ; mais les caractères signalés comme les plus certains se trouvent fréquemment en défaut. Ce qui paraît le mieux établi, c'est la qualité fondée sur l'origine. En général, une vache issue d'une mère saine et de bonne race, abondante en lait, sera elle-même une laitière productive. J'ajouterai que, parmi les vaches que j'ai eu l'occasion d'observer, celles qui ont eu peu de tendance à engraisser, tout en conservant un vif appétit, m'ont paru donner du lait en plus grande abondance et pendant un temps plus prolongé.

L'âge auquel il est convenable de faire saillir les génisses dépend de la manière dont elles ont été nourries et du degré de croissance qu'elles ont acquis. Des jeunes bêtes de bonne race qui ont reçu une alimentation très-abondante, et auxquelles on a donné tous les soins d'entretien si favorables au développement, sont aptes à recevoir le taureau vers l'épo-

que où elles accomplissent leur deuxième année; nous faisons saillir la plupart de nos génisses lorsqu'elles ont atteint l'âge de dix-huit mois. Il convient d'ailleurs de se guider sur le tempérament, en observant fréquemment si elles entrent en chaleur. Quand ce signe se manifeste avec une certaine énergie, il ne faut pas hésiter, quel que soit leur âge, à les livrer au mâle; autrement, ainsi que j'ai eu l'occasion de l'observer, le désir du rut ne revient plus; la génisse prend de la graisse et refuse alors constamment le taureau. La règle à suivre, pour ne pas amoindrir les qualités de la race que l'on possède, est de faire accoupler les génisses alors seulement qu'elles sont arrivées ou peu éloignées de leur croissance complète. C'est d'ailleurs vers cette époque que se fait sentir, chez les jeunes animaux, le désir de l'accouplement.

S'il ne survient pas de nouveaux indices de chaleur durant les trois ou quatre semaines qui suivent l'accouplement, c'est une présomption en faveur de la grossesse. Une vache porte pendant quarante semaines environ; généralement le part a lieu de 277 jours à 299 jours après la conception. Des gestations extrêmes observées la plus courte a duré 240 jours; la plus longue 321 jours (1).

On peut nourrir le veau, soit en le laissant téter, soit en lui faisant boire le lait.

On laisse ordinairement téter cinq à six semaines les veaux que l'on veut élever avec soin; mais il

(1) Tessier, *Annales de l'agriculture française*, t. IX, 2e série.

arrive quelquefois que trois semaines après leur naissance, la ration de lait qu'ils reçoivent de la mère n'est plus suffisante ; il faut alors un supplément de nourriture : on leur donne de la farine de céréales ou de tourteaux, délayée dans de l'eau tiède. Le tourteau est très-convenable, car en raison de la forte proportion de caséum, de la matière huileuse et des phosphates qu'il contient, la boisson qu'il fournit se rapproche du lait par sa composition. D'ailleurs, c'est vers cette même époque que le veau commence à jouer avec le foin, et il est bon d'en mettre constamment à sa disposition, en cherchant les parties les moins ligneuses et les plus succulentes de ce fourrage.

Quand le veau ne doit pas téter, on l'éloigne de la mère aussitôt après sa naissance. Il boit sans difficulté, si on a le soin de tenir dans sa bouche un doigt mouillé de lait. Dans les premiers jours, on étend le lait avec un peu d'eau chaude pour lui donner la température qu'il a lorsqu'il sort du pis. Par cette méthode, il est possible de faire des économies qu'on réaliserait difficilement en laissant téter. Souvent on commence à rationner le lait dès les premiers moments : mais ce n'est pas ainsi que font les éleveurs entendus. M. Crud laisse boire aux veaux autant de lait qu'ils peuvent en consommer pendant les premiers huit jours. A partir de cette époqne, ils reçoivent 3,65 kil. de lait, mêlé avec autant de petit-lait dont on n'a pas séparé le serai ; puis il les sèvre à sept semaines.

Depuis l'âge de soixante-dix jours jusqu'à la fin de

sa première année, un veau consomme environ le quart de la ration d'une vache adulte : soit à 3 kil. de foin par jour. La deuxième année, la ration est de 6 kil. de foin ; la troisième année, 9 kil. Ce qui précède doit s'entendre de veaux élevés avec parcimonie. Dans les meilleures vacheries de la Suisse, on procède autrement. Pendant les six premières semaines, le veau reçoit à peu près tout le lait qu'il peut consommer sans faire d'excès. A un mois, il mange de la recoupe de foin et de racine, ou mieux encore, si la saison le permet, du trèfle ou de la luzerne qu'on lui donne à discrétion jusqu'à ce qu'il ait atteint soixante-dix jours. A cette époque et avec cette nourriture, le veau est à peu près deux fois aussi grand et aussi pesant qu'un individu du même âge élevé avec économie. Durant les 25 jours qui terminent la première année, l'animal est rationné avec 4 kil. de foin. Dans la seconde année, cette ration est portée à 8 kil., et à deux ans accomplis une génisse, élevée avec ce régime, peut, comme je l'ai déjà fait observer, devenir laitière.

A Bechelbronn, nous procédons à peu près de la mêmemanière à l'élève du bétail. Les veaux tètent jusqu'à ce qu'ils aient atteint l'âge de six à sept semaines; on leur donne le pis le soir et le matin; ce qu'ils laissent est recueilli. Par de nombreux jaugeages du produit de nos vaches, nous avons trouvé qu'en moyenne un veau prend, dans les 42 jours d'allaitement, environ 300 litres de lait. Cette proportion, qui oscille entre 7 et 8 litres par jour, s'est trouvée confirmée par

des pesées directes faites sur un veau avant et après qu'il eût tété. Le lait pris immédiatement après la naissance ne s'élève pas, à la vérité, à cette quantité; cependant elle est encore assez forte.

	kil.	
Un veau nouvellement né, qui pesait	49,50	le 18 mai,
a pesé, après avoir tété.....	51,0	
Lait pris pendant le repas.....	1,5	pour 1 jour 3 l.
Le même veau, treize jours après, le 31 mai, pesait.....	59,5	
Après avoir tété.....	63,2	
Lait pris pendant le repas.....	3,7	pour 1 jour 7,4 l.

Trois semaines après la naissance, les veaux ont du foin de qualité choisie; ils en consomment très-peu d'abord, mais ils s'accoutument assez promptement à cette nourriture pour qu'elle leur suffise lors du sevrage; il peut arriver cependant qu'au moment du changement de régime l'animal perde de son poids; mais bientôt l'accroissement reprend sa marche progessive. Si, d'ailleurs, l'on remarque que le veau souffre trop du sevrage, ou bien si l'on juge sa constitution délicate, on continue à lui donner, chaque jour et pendant quelque temps, un ou deux litres de lait étendu d'eau, qu'on affaiblit graduellement à mesure que l'animal accepte plus facilement le fourrage.

Quand on élève avec une grande parcimonie, on sèvre le veau lorsqu'il a 25 à 30 jours, en le rationnant avec du lait additionné d'eau. On arrive ainsi à ne dépenser, pendant le cours de l'allaitement, que

Digitized by Google

150 à 200 litres de lait; mais si l'on considère le résultat, on trouve le plus souvent que l'on a fait une économie mal entendue.

Durant leur allaitement, les veaux ont une croissance très-rapide. Les seules données expérimentales, parvenues à ma connaissance, sur l'augmentation du poids des veaux pendant leur première jeunesse, sont celles recueillies par MM. Perrault de Jotemps, dans leur domaine de la Feuillasse. Je réunirai ces observations à celles que j'ai eu l'occasion d'enregistrer à Bechelbronn, où, par une coïncidence heureuse, nous entretenons, comme à la Feuillasse du bétail de la race de Schwitz : les poids des veaux pesés à leur naissance,

A la Feuillasse, ont été.....	32,0 kilog.
	38,0
	36,75
Poids moyen...	35,58
A Bechelbronn, né en mai.....	49,50
en février....	40,0
en février....	41,0
en avril.....	45,5
en juin.....	44,0
en mai.....	46,0
Poids moyen.....	44,3

M. Ernest Perrault est arrivé aux résultats suivants sur l'accroissement du poids des veaux pendant les premiers jours de l'allaitement (1).

(1) Ernest Perrault de Jotemps, *Journal de Bixio*, t. V, p. 311.

NUMÉRO du veau.	POIDS du veau à sa naissance.	POIDS à huit jours d'âge.	AUGMENTATION de poids en 7 jours.	AUGMENTATION par jour.	POIDS du veau à 18 jours d'âge.	AUGMENTATION de poids durant les 10 jours.	AUGMENTATION par jour.	AUGMENTATION en 17 jours.	AUGMENTATION par jour déduite de l'accroissem. total.
	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
3	32	41,25	9,25	1,16	52,75	11,50	1,28	20,75	1,22
9	38	49,75	11,75	1,47	57,25	7,50	0,83	19,25	1,13
11	36,75	49,00	12,25	1,53	58,25	11,25	1,25	21,50	1,25
Nombre moyen.	35,58	46,67	11,08	1,39	56,08	10,08	1,12	20,50	1,20

Un veau de la Feuillasse (n° 20), qui pesait à sa naissance.....	46 kil.	
a pesé, à l'âge de 19 jours.....	68,75	
Augmentation de poids en 18 jours...	22,75,	par jour 1,26

Sur neuf veaux élevés pour la boucherie, la moyenne de l'augmentation par jour, pendant un allaitement de 22 jours, a été de 1^k, 26.

On déduit pour l'augmentation du poids des veaux de la Feuillasse, pendant leur nourriture au lait, le nombre moyen de 1^k,24 pour chaque jour, pendant lequel, suivant M. Perrault de Jotemps, chaque veau consomme 11 litres de lait.

A Bechelbronn, j'ai obtenu des résultats qui s'approchent beaucoup de ceux de la Feuillasse; on a vu que,

	kil.	
Un veau pesant à sa naissance.....	49,50	
a pesé, 13 jours après.....	63,20	
Augmentation en 12 jours.....	13,70,	par jour 1,14
Un veau né le 12 février, a pesé.....	40,00	
Le 30 mars.....	78,00	
Augmentation en 46 jours de nourriture au lait.....	38,00,	par jour 0,83
Le même veau, sevré, a pesé le 21 avril au matin.....	88,00	
Augmentation en 21 jours.....	10	par jour, 0,47

On voit qu'à partir du moment du sevrage, l'accroissement cesse d'être aussi rapide; le passage de l'alimentation au lait à une nourriture sèche est une époque critique durant laquelle, comme je l'ai déjà fait observer, un jeune animal perd quelquefois de son poids.

	kil.	
Kresenz, né le 27 juin, a pesé à sa naissance.....	44,0	
Onze jours après.....	55,0	
Augmentation.....	11,0	par jour 1,00
A l'âge de 37 jours, il a pesé.....	85,5	
Augmentation en 26 jours.....	30,5	par jour 1,17
Six jours après.....	92,0	
Augmentation en 6 jours.....	6,5	par jour 1,08
Un autre veau pesant à sa naissance a pesé à 41 jours, âge du sevrage.	46,0 86,0	
Gain.....	40,0	par jour 0,98

Mes observations donnent pour l'accroissement moyen par jour et pendant l'allaitement $1^k.03$

Selon les pesées de M. Perrault, on a 1^k 24.

On peut donc admettre qu'un veau en buvant en 24 heures 9 à 11 litres de lait, croît en poids, pendant le même temps, de 1^k, 13.

On comprend facilement que dans les localités où le lait a une certaine valeur, l'élève des veaux devienne assez dispendieux pour qu'un cultivateur n'ait aucun profit à s'y livrer, surtout s'il prolonge l'allaitement pendant trois ou quatre mois, comme cela arrive dans certaines contrées. Rien ne peut justifier, à mon avis, une semblable consommation de lait, si ce n'est une production de viande particulière pour la boucherie. Quand on a eu l'occasion d'observer l'*élève* pour ainsi dire naturel, dans les steppes de l'Amérique méridionale, on reste convaincu qu'on peut former un bétail robuste sans user d'une telle prodigalité. Dans les troupeaux de ces immenses pâturages, les jeunes animaux ne re-

çoivent du lait en abondance que pendant deux ou trois semaines; ils s'accoutument promptement à se nourrir avec de l'herbe. Dans les climats très-chauds, le lait n'est pas d'ailleurs très-abondant chez les vaches, et après le part, il décroît beaucoup plus rapidement que dans les régions tempérées. C'est à la valeur du lait, au parti qu'on en tire pour la préparation du beurre et du fromage, qu'il faut attribuer l'usage, assez général en France, d'envoyer les veaux à la boucherie dès leur plus jeune âge, lorsque, par exemple, étant en bonne condition de gras, ils pèsent 50 à 60 kilog. Cette circonstance s'oppose sans aucun doute à la production de la viande dans un pays où déjà elle n'est pas suffisamment abondante. Car, comme le remarque M. Ernest Perrault, si l'on abat en France deux millions de veaux de 40 à 50 kilog., on peut compter que les 9/10es sont abattus avant qu'ils soient parvenus à l'âge de un mois. Or, d'après ce que nous avons constaté sur leur croissance, à l'âge de deux mois leur poids s'éléverait à 70 ou 80 kilog; on voit par là qu'en prolongeant de trente ou quarante jours leur existence, la viande produite en plus dépasserait 60 millions de kilogrammes, si cette production pouvait se faire avec avantage par l'éleveur (1). Il ne s'ensuit pas cependant, comme semble le penser l'habile agronome à qui sont dues ces réflexions, que cet accroissement de viande ajouterait à la masse de la

(1) Ernest Perrault de Jotemps, *Journal d'agriculture pratique*, t. V, p. 309.

nourriture produite par l'industrie agricole du pays. Je ferai observer, en effet, que pour produire environ 1 kil. de veau en poids vivant, il faut consommer, d'après les données adoptées ci-dessus, 10 kil. de lait; or, il est évident que 600 millions de litres ou de kilogr. de lait représentent une valeur nutritive certainement supérieure à celle de 60 millions de kil. de veau en poids vivant. Si la production de la chair pendant le deuxième mois de l'alimentation du veau avait lieu avec une nourriture autre que le lait qui est déjà lui-même un aliment très-précieux, avec du fourrage par exemple, la question changerait de face, et il est certain qu'alors il y aurait tout avantage pour la population à ce que l'éleveur produisit une plus grande quantité de chair. Cela est si vrai, si parfaitement senti, que tous les efforts pour perfectionner l'élève du jeune bétail ont constamment été dirigés dans la vue d'économiser la consommation du lait; l'intéresssant travail de M. Ernest Perrault, auquel je vais emprunter quelques résultats, n'a pas été entrepris dans un autre but.

M. Perrault s'est proposé de rechercher, par des expériences directes : 1° Si la quantité vraiment considérable de lait qu'on destine communément à l'entretien des veaux est réellement indispensable, et s'il est possible de la réduire sans affecter les jeunes animaux d'une manière désavantageuse ; 2° si l'on peut remplacer une une partie du lait par une infusion aqueuse de foin. Cette infusion, prônée à diverses époques, M. Perrault la prépare en versant sur 1 ki-

log. de foin 20 litres d'eau bouillante. Il est permis de penser que ce *thé* de foin ne possède qu'un très-faible pouvoir nutritif, et que c'est probablement exagérer sa valeur en supposant, comme je le ferai, que les 20 litres de cette infusion équivalent comme aliment au kilog. de fourrage employé pour les obtenir.

Les observations ont porté sur trois veaux pris après le sevrage.

A a été nourri pendant 94 jours à la ration ordinaire.

B a eu une moindre proportion de lait, et, à partir du quarante-deuxième jour de sa naissance, il a reçu une ration croissante de nourriture solide.

C a pris, durant l'expérience comparative, 267 litres d'infusion. J'estime cette boisson à 13 kil. de foin. La ration de lait a cessé quarante-huit jours après le sevrage.

Les deux veaux B et C sont restés à leurs régimes respectifs pendant 95 jours.

L'allaitement des trois sujets soumis à l'expérience a duré 18 jours, pendant lesquels on a estimé que chacun d'eux a pris à la mère 198 litres de lait. Voici les quantités et la nature des aliments consommés.

Tableau.

A. NOURRITURE A LA RATION ORDINAIRE.		LAIT consommé.	FOIN ou ÉQUIVALENT consommé.	B. NOURRITURE AU LAIT RÉDUIT.		LAIT consommé.	FOIN ou ÉQUIVALENT consommé.	C. NOURRITURE AU THÉ DE FOIN.		LAIT consommé.	FOIN ou ÉQUIVALENT consommé.
	jour.	litr.	kilog.		jours.	litr.	kilog.		jours.	litr.	kilog.
Nourriture..	94	830	170	Nourriture..	95	691	180	Nourriture.	96	132	269
Allaitement.	18	198	»	Allaitement.	18	198	»	Allaitement.	18	198	»
Jours.....	112	1028	170	Jours.....	113	889	180	Jours.....	113	330	269

Il eût été à désirer que ces trois veaux eussent été pesés immédiatement après la terminaison des expériences. Il n'en a pas été ainsi, et, à cause de cette omission, les résultats obtenus n'ont pas toute la précision désirable. Cependant, d'après des observations antérieures, M. Perrault suppose que :

1° Le veau A, élevé au lait pur, pesait à sa naissance.....	40 kil.	
A l'âge de 452 jours.....	350,6	
Accroissement en poids.....	310,6	
Augmentation par jour.....	0,69	
2° Le veau B, élevé avec la ration de lait réduite, pesait à sa naissance...	38 kil.	
A l'âge de 224 jours.....	183,75	
Accroissement en poids.....	145,75,	par jour 0,65
3° Le veau C, ayant reçu du thé de foin, pesait à sa naissance.....	46 kil.	
A l'âge de 101 jours.....	123	
Accroissement en poids.....	77,	par jour 0,762

De ces faits, M. Perrault conclut que l'accroissement en poids a été sensiblement plus rapide chez le veau qui a reçu du thé de foin dans son alimentation que chez les individus nourris soit au lait pur, soit au lait réduit. Toutefois, la différence observée est dans l'ordre des variations que l'on obtient en observant sur des animaux soumis au même régime.

Il convient de ramener les aliments consommés dans ces expériences à une nourriture normale, le foin.

Je saisirai cette occasion pour montrer comment il faut procéder pour établir l'équivalent absolu du lait,

c'est-à-dire la quantité de lait en nature, sans adjonction d'un fourrage supplémentaire, pour remplacer 100 kil. de foin ;

L'équivalent du lait, déduit du contenu en azote est 189.

	Aliment azoté.	Matières grasses.	Aliment non azoté.
Dans 100 de foin...	7,2	3,8	44,4
Dans 189 de lait...	7,2	7,9	6,8
Différences.....	0,0	+ 4,1	— 37,6

Ainsi, il y a dans l'équivalent du lait 4,1 de graisse de plus et 37,6 d'aliment non azoté de moins que dans 100 de foin ; ces 37,6 considérés comme aliment respiratoire représentent 15,8 de carbone (1), et comme les corps gras valent un poids de carbone égal au leur, il s'ensuit qu'en retranchant de 15,8 les 4,1 de beurre en excès dans l'équivalent du lait, il reste; en définitive, 11,9 pour le carbone exprimant l'aliment respiratoire qui manque dans ledit équivalent.

Recherchons maintenant, avec les mêmes données, la valeur du lait comme aliment respiratoire, en l'exprimant en carbone.

100 de lait contiennent :

(1) Je rappellerai ici que comme aliments combustibles ou respiratoires, nous avons admis, d'après la composition élémentaire que 100 de :

Albumine..... = 65 de carbone.
100 de matières grasses = 100 id.
100 de sucre, amidon.. = 42 id.

Caséum.....	3,8 =	carbone	2,5
Sucre de lait..	3,6		1,5
Beurre.....	4,2		4,2
			8,2

Or, puisque 100 de lait ont une valeur combustible représentée par 8,2 de carbone, il en résulte que, pour suppléer à l'aliment respiratoire exprimé par 11,9 de carbone et qui manque dans l'équivalent, il faut 145 de lait. On arrive ainsi à ce résultat que pour remplacer 100 kilogr. de foin.

On a : équivalent d'après l'azote.....	189 kil. de lait.
Supplément comme aliment respiratoire....	145
Equivalent absolu.....	334

On trouve ainsi que :

			kil.	
A	a consommé	en 112 jours	478	de foin.
B	—	en 113 jours	446	id.
C	—	en 113 jours	368	id.

La ration minime à laquelle M. Perrault est arrivé dans ses recherches, comme suffisant à l'entretien des veaux, diffère peu de celle que nous donnons à Bechelbronn, et cependant nos produits ne paraissent nullement inférieurs à ceux de la Feuillasse ; on en jugera par les données suivantes, choisies parmi celles que l'âge des animaux rend comparables aux résultats B et C.

Sophie a pesé à sa naissance.	45,5	
A l'âge de 102 jours.....	127,0	
Augmentation.....	81,5,	par jour 0,80

Ce veau a consommé : lait 300 lit. pesant 311 k.=foin.		93
Foin en nature.....		245
		338

Rosa a pesé à sa naissance.....	44 kil.	
A l'âge de 239 jours.....	215	
Augmentation.....	171 par jour,	0,72
Le veau a consommé : lait, 300 lit. pesant 311 k.=foin,		93 kil.
Foin en nature.....		806
		899

On voit que, sans faire intervenir l'infusion de foin, en nourrissant au lait pendant sept semaines environ et en donnant du fourrage le plus tôt possible, nous obtenons des résultats tout à fait comparables à ceux rapportés par M. Perrault.

J'ai dit que c'est pendant l'allaitement que l'accroissement en poids du bétail est le plus rapide. A mesure qu'un animal approche de son complet développement, son poids, dans une même période de temps, augmente avec plus de lenteur ; mais d'après les faits, d'ailleurs très-peu nombreux, que j'ai recueillis, cet accroissement serait assez uniforme jusqu'à ce que la croissance soit achevée. Dès lors le poids de l'animal semble rester stationnaire s'il reçoit pour nourriture la ration d'entretien ; du moins les variations que l'on remarque sont purement accidentelles et finissent par se compenser. Un animal adulte, lorsqu'il ne prend pas une graisse surabondante, acquiert ainsi un poids normal qu'il conserve pendant une certaine période, jusqu'au moment où commence la décrépitude.

Il n'est pas sans importance de connaître la progression croissante des animaux ; c'est un *criterium* qu'un éleveur ne doit pas négliger parce qu'il lui permet de juger si son bétail est suffisamment nourri, si les domestiques soignent convenablement l'étable. Un vacher consciencieux est sans doute un agent précieux dans une ferme ; mais plus je m'occupe de l'*élève*, plus je me convaincs que l'agent le plus sûr, le plus fidèle, est la balance. Il faut peser souvent pour se rendre un compte exact de l'état de l'étable. Je vais présenter les observations que j'ai faites sur l'accroissement du poids des bêtes à cornes, tout en regrettant de n'avoir pu réunir des données plus nombreuses.

Tableau.

DESIGNATION des PIÈCES.	POIDS à la naissance.	AGE lors de la pesée.	POIDS.	ACCROISSEM. par jour.	REMARQUES.
	kil	jours.	kil.	kil.	
Victoire	41	56	90	0,88	Au-dessous d'un an.
Id.	»	156	144	0.66	
Suzane	40	68	88	0,71	
Id	»	168	135	0,57	
Galopé	44	82	88	0,55	
Id	»	164	127	0,65	
Id.	»	264	184	0,77	
Schwartz	45	83	101	0,67	
Sophie	45,5	102	127	0,80	
Mignonne	45	103	108	0,61	
Id.	»	203	156	0,71	
Margot	44	108	112	0.63	
Id.	»	190	152	0.71	
Id.	»	290	241	0.82	
Jacques	44	119	108	0,57	
Id.	»	201	112	0.49	
Id.	»	301	226	0,60	
Péterle	44	147	135	0,62	
Id.	»	229	189	0.64	
Id.	»	329	269	0,68	
Rosa	44	239	215	0.72	
Stern	43	275	283	0,87	
Id.	»	357	366	0,88	
Id.	»	436	410	0,91	De un à trois ans.
Chastel	44,5	465	486	0.95	
Id.	»	547	540	0.94	
Eichaas	45	750	488	0.61	
Id.	»	811	537	0,61	
Castor, 2e taureau.	50	796	870	1,03	Devenu gras, tué.
Castor, 1er taureau.	49	1009	801	0,75	Id.

Je donne à la suite de ces résultats deux séries de pesées qui se rapportent : l'une à l'accroissement de poids d'une génisse sur laquelle j'ai fait des observations suivies ; l'autre a été entreprise pour déterminer les variations que peuvent subir les vaches laitières qui sont âgées de plus de trois ans.

Tableau.

DATES DES PESÉES.	POIDS.	GAIN entre les pesées.	TEMPS écoulé.	AUGMENTATION en 24 heures.	AGE de la génisse, lors des pesées.	REMARQUES.
	kilog.	kilog.	jours.	kilog.	ans. mois. jours.	
5 septembre 1841.....	168,1	1,9	3	0,63	» 6 25	Nourrie au foin et racines.
9 Id.....	170,0	9,0	14	0,64	» 6 28	
23 Id.....	179,0	16,0	41	0,39	» 7 12	
3 novembre.....	195,0	18,4	25	0,74	» 8 22	
28 Id.....	213,4	36,6	62	0,59	» 9 17	
29 janvier 1842.....	250,0	58,0	82	0,71	» 11 17	
21 avril.....	308,0	94,0	79	1,19	1 2 10	A été mise au trèfle vert à discrétion.
9 juillet.....	402,0	30,0	25	1,19	1 4 28	
3 août.....	432,0				1 5 22	

DÉSIGNATION des VACHES.	AGE.		1re PESÉE.	2e PESÉE.	DIFFÉRENCES.	TEMPS écoulé entre les pesées.	DIFFÉRENCES par jour.
	ans.	mois.	kil.	kil.	kil.	jours.	kil.
Esméralda.....	3	1	657	707	50	82	+0,6
L'Orpheline....	3	2	598	652	54	id.	+0,7
Galatée.....	6	»	700	634	66	id.	—0,8
Gitana.....	6	»	600	630	30	id.	+0,4
Hannchen.....	7	»	550	562	12	id.	+0,1
Paysane.....	7	»	659	700	41	id.	+0,5
Raffalée.....	8	»	760	785	25	id.	+0,3
Prima dona....	8	»	811	752	59	id.	—0,7
Formosa.....	9	»	715	728	13	id.	+0,2
Belle et bonne...	11	3	612	585	27	id.	—0,3

En adoptant les pesées précédentes, et en attendant des nombres plus précis tels que les donneraient des observations suffisamment multipliées, je crois que l'on peut admettre que, pour la race de Schwitz, le *poids vivant*, augmente par jour des quantités suivantes :

	kil.
Pendant l'allaitement.....	1,13
Au-dessous de trois ans....	0,72
Au-dessus de trois ans.....	0,10

En 1847, on a fait une nouvelle expérience pour constater l'augmentation de poids du jeune bétail de l'étable. On a rationné à raison de 3 kilogr. de foin pour 100 kilog. de poids vivant.

Tableau.

Pesées faites le matin, avant le repas.

LOT.	6 sept.	15 sept.	29 sept.	1 octob.	8 octob.	15 octob.	24 octob.	30 octob.	31 octob.
Ernest, veau mâle de six mois.....	89	92 1/2	93	94	93	94	91	90	92
Robert, veau mâle de six mois.....	63	66	69	69	70	69	74	74	75
Lucie, veau femelle de trois mois.....	81	85	85	85 1/2	87	86	89	89	92
Totaux.....	233	243 1/2	247	248 1/2	254	249	254	253	259

Du 6 septembre au 31 octobre, le lot a consommé 507 kilog. de foin ; l'augmentation de poids a été de 26 kilogr.

	Accroissement par jour. kil.
Ernest.....	0,06
Robert.....	0,23
Lucie.....	0,21

L'augmentation diurne a été très-faible, bien que le foin consommé fût de bonne qualité et que la ration ait été de 3,82 pour 100 kil. de poids vivant. Il y a des cas ou le bétail jeune ne profite pas de la nourriture ; il reste en quelque sorte stationnaire, c'est ce dont on s'appercevait par les pesées générales de l'étable, et cette expérience a été entreprise pour vérifier si réellement, les veaux ne faisaient pas de progrès dans leur croissance.

L'augmentation de poids *vivant* du bétail en croissance dépend beaucoup du genre d'alimentation, et ce n'est pas une chose indifférente que celle de con-

naître avec une certaine exactitude la dose la plus convenable de nourriture que la race bovine exige pour prospérer. Les auteurs qui ont traité cette question sont loin d'être d'accord sur la ration alimentaire exigée par le bétail. Car c'est évidemment donner un renseignement incomplet que d'assigner la ration des bêtes à cornes, sans indiquer en même temps leur âge, leur poids et la somme de travail ou de produits qu'on leur demande. Il tombe sous le sens qu'un animal d'une taille élevée exige, toutes circonstances égales d'ailleurs, une dose de fourrage supérieure à celle reconnue suffisante pour l'entretien d'un individu plus faible.

Une fois la ration alimentaire bien établie, il est à désirer qu'elle soit continuée sans interruption ; rien n'est aussi préjudiciable qu'une diminution de la nourriture normale. Cependant il y a telle position où, pendant l'hiver, le bétail est soumis à une abstinence qui se reproduit chaque année périodiquement; les animaux ne consomment alors que de la paille ; c'est, comme l'observe Thaer, la condition de nourriture la plus fâcheuse où puissent se trouver placés les animaux, car ils diminuent considérablement en chair, en lait et en force, et une fois qu'ils ont commencé à diminuer, à maigrir, leurs organes s'affaiblissent au point qu'il leur est souvent impossible, au retour de l'abondance, de récupérer ce qu'ils ont perdu. On ne peut réellement compter sur un succès complet dans l'économie du bétail qu'autant qu'on est en mesure de lui assurer en toutes saisons une

nourriture abondante et substantielle. Heureusement que par les progrès toujours croissants de la culture cette mesure devient de plus en plus réalisable, et déjà dans la plupart des étables les racines et les tubercules suppléent pendant l'hiver aux herbages du printemps, ou à l'insuffisance de la réserve de foin qu'on destine à l'hivernage.

Comme je l'ai dit, la ration varie avec le poids de l'animal, et M. Perrault fixe à 12kil., 5 lefo in nécessaire à la nourriture d'une vache laitière pesant environ 400 kilog., cette agronome ayant trouvé dans sa pratique qu'il faut à une laitière 3kil., 12 de foin pour 100 kilog. de poids vivant (1).

Pabst, qui s'est beaucoup occupé de l'alimentation du bétail, admet que :

	kil.	
Pour ration d'entretien, il faut	1,75	de foin p. 100 de poids viv.
S'il s'agit d'un bœuf d'attelage.	2,00	
Pour une vache laitière.....	3,00	

Les recherches que j'ai entreprises sur le même sujet m'ont conduit à des rapports un peu différents, ce qui me fait présumer que la relation du poids de l'animal en vie à celui du fourrage qu'il consomme n'est pas invariable. Une bête à corne de forte dimension paraît, en effet, exiger, proportionellement à son poids, moins d'aliments qu'un animal plus petit. C'est même en admettant ce fait que certains éleveurs justifient la tendance, qu'ils ont de créer des

(1) Perrault, *Journal d'agriculture*, t. III, p. 97.

animaux de forte taille, car ils reconnaissent que s'il est vrai qu'une grande race consomme plus de nourriture qu'une race plus petite, il l'est aussi que ce surcroît de consommation n'est pas proportionnel à l'excès de poids.

Les vaches laitières de nos étables ont par jour et par tête 15 kilog. de foin ou l'équivalent de cette quantité. Or, la pièce la plus petite pesait, au moment où s'exécutaient mes expériences, 550 kilog.; le rapport du poids vivant à celui du foin était :: 100 : 2, 73.

La vache la plus forte pesait 811 kil.; le rapport devient :: 100 : 1,85.

Dans une moyenne prise sur toutes les vaches, le rapport a été fixé à 2k, 25 de foin p. 100 kil. de poids vivant.

Il paraît aussi résulter de ces recherches que, pendant sa croissance, relativement à son poids, le bétail demande plus de nourriture qu'alors qu'il est adulte. Les jeunes animaux sur lesquels j'ai observé étaient âgés de 5 à 20 mois. Pour cet âge, j'ai trouvé, qu'en moyenne, il se consomme 3k,08 de foin pour 100 kil. de poids en vie, ainsi qu'on peut le voir dans le tableau où se trouvent consignés les détails des observations.

Nos des pièces.	AGE.	POIDS.	POIDS du lot.	FOIN consommé en 24 heures par le lot.	AGE MOYEN des pièces.		POIDS MOYEN des pièces.	FOIN consommé par tête en 24 heures.	FOIN consommé pour 100 kilog. de poids vivant.	REMARQUES.
	jours.	kil.	kil.	kil.	mois.	jours.	kil.	kil.	kil.	
1	107	89								
2	119	101	190	6,50	5	26	95	3,25	3,42	Résultat obtenu en février.
3	126	108								
4	130	112	220	6,75	4	6	110	3,37	3,06	Id.
5	205	156								
6	170	155								
7	158	144	567	16,38	5	9	141,75	4,09	2,89	Résultat obtenu en juillet.
8	115	152								
9	165	135	»	3,00	5	10	135,00	3,00	3,70	Resultat obtenu en février.
12	206	169	»	4,27	6	25	169,50	4,27	2,53	Resultat obtenu en septembre.
9	328	270								
3	290	222								
4	289	230	1127	30,00	9	5	225,4	6,00	2,66	Résultat obtenu en juillet.
1	232	190								
10	239	215								
9	341	269								
3	303	226								
4	302	241	1153	28,50	9	18	250,8	5,70	2,47	Id.
1	263	194								
10	252	223								
11	304	285	»	10,00	10	»	285,0	10,00	3,50	Résultat de février.
12	371	250	»	8,70	13	3	250,0	8,70	3,48	Id.
13	748	448	954	28,50	20	3	467,0	14,25	3,05	Id.
14	485	486								
								Moyenne.	3,08	Pour 100 kil. de poids vivant.

Durant ces recherches, les veaux ont été nourris uniquement avec du foin de prairie de bonne qualité donné à discrétion, comme nous le pratiquons ordinairement. Toutes les vingt-quatre heures on pesait le foin que l'on mettait dans la crèche, et on tenait compte de celui qui n'avait pas été consommé pendant la journée précédente. La durée de chaque observation partielle a varié de 2 à 13 jours. J'ai cru devoir indiquer l'époque de l'année à laquelle les recherches ont été faites, parce qu'il est possible que la saison ait de l'influence sur les résultats.

En résumé, pour 100 kilog. de poids vivant de bétail, il faut par tête et par jour :

Pour son entretien, sans exiger du travail ou du lait, selon Pabst.....	0,75 de foin.
Pour les bœufs d'attelage, d'après le même observateur.....	2,00
Pour les vaches laitières, d'après Pabst.....	3,00
Perrault.....	3,12
D'après mes données : pour de très-grandes vaches.....	2,73
Pour le bétail en pleine croissance.....	3,08
Pour de jeunes taureaux.....	3,15

La distribution du fourrage doit être faite avec régularité, afin que le bétail ne mange pas avec trop d'avidité. Généralement la ration est distribuée en trois repas, en ayant encore l'attention de fractionner chaque distribution en deux ou trois temps ; cette précaution est surtout nécessaire quand on nourrit avec du fourrage vert. C'est dans l'intervalle des repas qu'il convient de faire boire le bétail ; on le

conduit à l'abreuvoir matin et soir, mais durant les très-fortes chaleurs, il est prudent de le laisser boire trois fois par jour, surtout quand il reçoit de la nourriture sèche.

L'eau doit être de bonne qualité. Cependant, lorsqu'elle ne tient pas en dissolution des principes évidemment nuisibles, le bétail s'accoutume à celle qui est trouble, sans qu'il en résulte rien de fâcheux pour sa santé.

Une question fort importante est celle de savoir combien une quantité donnée de fourrage produit d'accroissement de poids vivant ; sa résolution offre d'autant plus de difficultés que, généralement, les animaux sont rationnés avec des aliments de diverses natures, de sorte qu'en ramenant les nombres à ce qu'ils seraient avec un aliment unique, ils se trouvent affectés des erreurs commises dans l'appréciation des équivalents nutritifs. Je rapporterai les résultats obtenus à diverses époques dans nos étables en nourrissant du bétail jeune avec le foin seul.

100 kilog. de foin ont produit en poids vivant :

		kil.
Bétail de :	3 à 6 mois.	5,2
	9 mois.	7,8
	9 mois.	7,9
	10 mois.	6,8
	10 mois.	7,2
	16 mois.	8,5
	16 mois.	6,2
	17 mois.	4,2
	17 mois.	9,4
	18 mois.	9,4
	18 mois.	9,4
	19 mois.	7,3
	19 mois.	3,7
Moyenne.....		7,1

M. A. Dailly, par des observations faites sur des veaux de 40 jours à deux ans, a trouvé 6kil. 50 pour le poids vif développé par 100 kilog. de foin.

L'accroissement de poids doit être d'autant moins considérable pour une quantité donnée d'aliment que le bétail est plus âgé ; cependant, en pratique, et dans une étable où on élève, on juge de l'effet de la nourriture par l'augmentation totale des animaux, mais s'il y a des vaches laitières, il faut tenir compte de leur produit.

Ainsi il résulte d'observations faites récemment à Bechelbrom par M. Le Bel, que l'étable, en consommant des fourrages non fermentés, a produit pour 100 kilog. de foin :

1re expérience (107 jours).	Poids vivant....	3,32 kil.
	Lait.....	6 litr.
	Fumier humide.	217 kil.
2e expérience (15 jours).	Poids vivant....	7,45 kil.
	Lait.....	4,65 litr.
	Fumier humide.	246 kil.

En consommant des fourrages fermentés, l'étable a produit pour 100 kilog. de foin :

1re expérience (22 jours).	Poids vivant....	5,86 kil.
	Lait.....	4,07 litr.
	Fumier humide.	212 kil.
2e expérience (15 jours).	Poids vivant....	4,41 kil.
	Lait.....	4,19 litr.
	Fumier.....	247 kil.

Dans ces expériences la paille de litière a été de 21 kilog. pour 100 kilog. de foin consommé.

En moyenne, on a pour le poids vivant développé par 100 kilog. de foin. 5kil. 3.

On sait avec quelle avidité les herbivores recherchent le sel marin ; j'ai toujours cru, et je crois encore, qu'il est bon de le faire entrer dans leur alimentation ; et, si les expériences de ces derniers temps ont fait justice des exagérations dans lesquelles on était tombé sur les effets du sel dans la production et l'amélioration de la chair, dans l'engraissement, je ne crois pas qu'elles affaiblissent l'opinion qui attribue au chlorure de sodium, donné à faible dose, une heureuse influence sur l'appétit, sur la santé des animaux.

J'ai constaté, par exemple, que des vaches, nourries uniquement avec des pommes de terre, n'ont supporté ce régime qu'autant qu'on ajoutait à la ration 70 grammes de sel.

En Angleterre, on donne, d'après un rapport de M. Milne Edward, 80 à 90 gr. par jour et par tête de gros bétail ; aux veaux, 28 gr. ; à Bechelbrom, nous

en avons donné jusqu'à 50 gr. à des vaches de 6 à 700 kilog.; dans le Wurtemberg, la dose de sel est comprise entre 15 et 30 gr. par tête.

La température des eaux de l'abreuvoir ne doit pas différer considérablement de celle de l'atmosphère de l'étable. Dans l'hiver, j'ai remarqué que les animaux répugnent quelquefois à prendre de l'eau très-froide; dans ce cas, ils ne boivent que le moins possible. Une eau trop chaude présente aussi des inconvénients, moindres cependant que ceux résultant de l'usage d'eau extrêmement froide. Au reste, l'habitude fait beaucoup dans cette circonstance. Le bétail des plaines de l'Amérique méridionale se désaltère à des rivières dont la température atteint 30 à 36° centigrades. En hiver, l'eau de puits est la plus convenable, parce qu'elle est plus tempérée.

Dans les steppes de la zône équatoriale, on considère comme parfaitement avéré que le bétail ne peut pas vivre sans recevoir du sel : c'est du moins ce qu'affirment tous les éleveurs des *Llanos*. Quand un troupeau prospère dans une steppe, c'est qu'il existe un *salado*, c'est-à-dire un endroit où suinte de l'eau salée. Dans les savannes, dont le sol ne produit pas des substances salines, l'éleveur en distribue régulièrement aux animaux qui ne manquent pas de se rassembler tous les jours à la même heure au lieu de la distribution. Sur le plateau de la *Nueva Granada*, on remplace quelquefois le sel marin par le sulfate de soude provenant de l'eau minérale de *Paypa*, près *Tunja*. C'est une

source chaude, d'une abondance extrême, et qui se déverse sur le terrain environnant ; par une évaporation spontanée, le sol est couvert d'efflorescences de sel de Glauber que des Indiens sont constamment occupés à recueillir pour le vendre ensuite aux propriétaires de troupeaux. Ce sulfate de soude n'a pas d'autre débouché, et cependant il s'en fait un commerce considérable.

En Europe, de même que dans l'Amérique méridionale, on considère le sel comme indispensable à l'élève du bétail. Cependant, si le plus grand nombre des agronomes partagent cette opinion, il en est, et à leur tête il faut placer Mathieu de Dombasle, qui en contestent l'absolue nécessité pour l'entretien de la race bovine.

Le chlorure de sodium contient un élément, la soude, que l'on retrouve dans tous les fluides animaux. Aussi, au point de vue physiologique, un sel de soude est nécessaire, indispensable même dans l'alimentation. Dans cette limite, j'ai toujours compris l'utilité du sel marin. Mais ce que je n'adopte pas, ce sont ces opinions plus que hasardées qui accordent au sel des propriétés alimentaires. Je ne crois pas, par exemple, que 3$^{kil.}$ de foin additionnés de sel nourrissent autant que 4$^{kil.}$ du même fourrage donnés sans assaisonnement ; que, par son intervention dans une ration, 1$^{kil.}$ de sel développe 10$^{kil.}$ de chair ou de graisse. Au reste, on ne trouve nulle part la preuve de ces assertions, et j'entends par preuve, en matières agricoles, un résultat précis obtenu à l'aide de la balance ;

mais, comme on ne trouve pas davantage la preuve de l'opinion contraire, j'ai cherché à déterminer, par expérience, quelle est l'influence du sel dans la nutrition du bétail.

J'ai choisi dans nos étables six jeunes taureaux ayant à peu près le même âge et le même poids. Je les ai répartis en deux lots, ainsi qu'il suit :

LOT N° 1.

A, âgé de 8 mois, a pesé à jeûn, le 1er octobre.	142 kil.
B, âgé de 8 mois.....	147
C, âgé de 7 mois.....	145
Poids initial du lot n° 1.....	434

Rationné à 3 pour 100 du poids vivant, ce lot a reçu pour nourriture :

Du 1er au 25 oct. inclusiv., par jour.	13 kil. de foin et regain.
Du 26 octobre au 13 novembre.....	14

Dans les quarante-quatre jours d'expérience, il a été consommé 591kil. de fourrage : chaque jour ce lot a reçu 102gr. de sel ; par tête, 34gr.

LOT N° 2.

A', âgé de 10 mois, a pesé à jeûn, le 1er octobre.	140 kil.
B', âgé de 8 mois 1/2.....	135
C', âgé de 10 mois 1/2.....	132
Poids initial du lot n° 2.....	407

Rationné à 3 pour 100 du poids vivant, ce lot a reçu :

Du 1er au 25 oct. inclus., par jour.	12k,5 de foin et regain.
Du 26 octobre au 13 novembre...	13k,5

Dans les quarante-quatre jours, il a été consommé 569kil. de fourrage.

Le lot n° 2 n'a point reçu de sel.

Le 13 novembre, le lot n° 1, qui avait eu du sel, a pesé :

A,	165 kil.	Gain en 44 jours....	23 kil.
B,	158	Gain en 44 jours....	11
C,	157	Gain en 44 jours....	12
	480	Gain total du lot n° 1.	46

Le 13 novembre, le lot n° 2, qui n'avait pas eu de sel, a pesé :

A',	146 kil.	Gain en 44 jours....	6 kil.
B',	154	Gain en 44 jours....	19
C',	152	Gain en 44 jours....	20
	452	Gain total du lot n° 2.	45

On voit, par ces pesées, que le sel ajouté à la ration du lot n° 1, n'a produit aucun effet appréciable sur l'accroissement du poids vivant, puisque, sous l'influence d'un régime alimentaire exactement semblable,

100 kil.	du lot qui a eu du sel sont devenus.	110k,6
100	du lot qui n'a pas eu de sel.....	111k,0

En d'autres termes :

100 kil. de fourrage additionné de sel ont produit.....	7k,8 de poids vivant ;
100 kil. de fourrage non salé ont produit.....	7k,9 de poids vivant.

Les deux lots se sont maintenus dans un excellent état de santé.

Comme on pouvait le prévoir, les consommateurs de sel ont bu davantage. Voici le résumé de quelques séries d'observations faites à ce sujet :

QUANTITÉ D'EAU BUE PAR LE LOT N° 1.		MOYENNE par 24 heures	QUANTITÉ D'EAU BUE PAR LE LOT N° 2.		MOYENNE par 24 heures
	lit.			lit.	
Le 20 oct. soir et 21 mat.	44		Le 20 oct. soir et 21 mat.	20	
Le 21 oct. soir et 22 mat.	45	lit.	Le 21 oct. soir et 22 mat.	45	lit.
Le 22 oct. soir et 23 mat.	36	41	Le 22 oct. soir et 23 mat.	31	32
Le 2 nov. soir et 3 mat.	45		Le 2 nov. soir et 3 mat.	31	
Le 3 nov. soir et 4 mat.	32		Le 3 nov. soir et 4 mat.	26	
Le 4 nov. soir et 5 mat.	37		Le 4 nov. soir et 5 mat.	42	
Le 5 nov. soir et 6 mat.	50	40 1/2	Le 5 nov. soir et 6 mat.	25	31
Le 9 nov. soir et 10 mat.	34		Le 9 nov. soir et 10 mat.	37	
Le 10 nov. soir et 11 mat.	31		Le 10 nov. soir et 11 mat.	36	
Le 11 nov. soir et 12 mat.	41	42	Le 11 nov. soir et 12 mat.	33	35 1/3

On voit que, en moyenne, le lot n° 1, qui a reçu du sel, a bu, en vingt-quatre heures, 41lit. 16 d'eau, tandis que le lot n° 2, qui n'en a point reçu, n'a bu que 32lit. 86 ; la différence est, par conséquent, de 8lit. 30.

Un point important dans certains cas d'alimentation, c'est de faire ingérer la nourriture dans le moins de temps possible. Il convenait donc de constater si le lot auquel on donnait du sel mangeait sa ration avec plus de rapidité que celui auquel on n'en donnait pas.

Temps employé par les deux lots à manger leurs rations (1).

Le lot n° 1, qui a reçu du sel, a consommé :

13 kil.	de foin et regain en	$3^h 15^m$
13	de foin en.....	4 40
14	de regain en.....	2 40
14	de foin en.....	3 50
14	de regain en.....	2 45
14	de foin et regain en	3 20
14	de foin en.....	3 10
14	de foin en.....	3 15

Le lot n° 2, qui n'a point reçu de sel, a consommé :

12k5	de foin et regain, en.....	3^h 5^m,	en supp. une quant. de fourr. égale à celle du n° 1.	$3^h 13^m$
12,5	de foin en.....	4 20	.....	4 30
13,5	de regain en....	2 55	.....	3 1
13,5	de foin en.....	4 15	.....	4 25
13,5	de regain en...	2 50	.....	2 56
13,5	de foin et regain	3 5	.....	3 12
13,5	de foin en.....	3 25	.....	3 33
13,5	de foin en.....	4 00	.....	4 9

Il ressort de ces données qu'une même ration, consommée en 3^h 37^m par le lot n° 2, était mangée en 3^h 22^m par le lot n° 1 ; ainsi, le sel aurait développé un peu plus d'appétence.

Dans le cours de ces recherches, il est arrivé qu'un jour le regain distribué s'est trouvé de très-mauvaise qualité ; aussi n'a-t-il été accepté qu'avec une extrême répugnance par les soixante têtes de bétail renfermées dans l'étable : toutes, à l'exception du lot n° 1,

(1) En y comprenant le temps employé à boire.

en ont laissé dans les crèches; les animaux de ce lot, qui recevaient du sel en forte proportion, ont consommé leur ration en totalité. J'ai cru devoir rapporter ce fait, parce que c'est une nouvelle preuve à ajouter à celles que l'on possède déjà sur l'utile intervention du sel, lorsqu'il s'agit de faire consommer des fourrages avariés.

Le fait de la nullité d'action du sel ajouté à la ration, sur la production du poids vivant, semble en opposition avec le principe physiologique que j'ai rappelé, à savoir, que la soude est essentielle à l'organisme, et par conséquent indispensable dans l'alimentation. Mais il faut remarquer que, si l'on est généralement d'accord sur la nécessité de la présence d'un sel de soude dans les aliments, on ignore encore la limite de la dose à laquelle ce sel deviendrait insuffisant. Or, cette dose peut être telle, que la proportion de sel marin, qui fait partie, comme chacun sait, des substances minérales contenues dans les aliments, soit suffisante et au delà, pour satisfaire aux exigences de la digestion, surtout quand on n'a pas, comme dans l'engraissement, à surexciter l'appétit. Ces considérations m'ont conduit à déterminer la quantité de sel marin préexistant dans le fourrage consommé chaque jour par les animaux mis en observation. Le foin employé provenait des prairies de Durrenbach, situées dans la vallée de la Sauer. Ce fourrage laisse, en moyenne, 6 pour 100 de cendres, et, dans ces cendres, l'analyse y a indiqué 4,3 pour 100 de chlorure de sodium. Par conséquent,

comme la ration moyenne donnée à chaque tête du lot n° 2, était de 4$^{kil.}$ 31$^{gr.}$, on trouve que dans cette ration, il entrait 259$^{gr.}$ de substances minérales, parmi lesquelles il y avait plus de 11$^{gr.}$ de sel marin, sans tenir compte d'un peu moins de 1$^{gr.}$ du même sel dissous dans les 11 litres d'eau bus chaque jour par les taureaux. Il paraîtrait que ces 12$^{gr.}$ de chlorure de sodium suffisent à une pièce de bétail du poids de 150$^{kil.}$, puisqu'on n'a pas obtenu un développement plus rapide de poids vivant, en ajoutant à la ration une dose de sel beaucoup plus forte. On ne se fait pas, en général, une idée exacte des principes salins des aliments : ainsi, une vache laitière, en consommant par jour, 18$^{kil.}$ du foin dont il vient d'être question, reçoit peut-être avec ce fourrage 46$^{gr.}$ de sel marin.

On trouve toujours une certaine proportion de chlorure de sodium dans les cendres que laissent les plantes fourragères ; mais cette proportion est sujette à de grandes variations, dépendantes probablement de la constitution géologique du sol, de la nature des engrais et de la qualité des eaux d'irrigation. Cette variation expliquerait, sans doute mieux que toutes les raisons données jusqu'à présent, la divergence des opinions émises sur les avantages de l'emploi du sel dans les étables. On conçoit, par exemple, que le sel produise un effet très-favorable dans les localités où les fourrages n'en contiennent que peu ou point, et que cet effet soit bien moins prononcé là où les aliments végétaux en sont plus abon-

damment pourvus. Il y aurait donc, au point de vue de l'alimentation, de l'intérêt à doser le chlorure de sodium des plantes fourragères de diverses provenances. Les analyses des cendres, que nous possédons aujourd'hui, montrent déjà que certaines rations pourraient être suffisamment riches en sel marin, tandis que d'autres n'en contiendraient qu'une fort minime quantité. C'est ce dont on peut se convaincre en examinant le tableau suivant, dans lequel est indiquée la proportion de chlorure de sodium renfermée dans 100 kilog. de substance alimentaire.

SEL MARIN CONTENU DANS 100 KILOG. DE FOIN OU DE FOURRAGE.

	LOCALITÉS.			LOCALITÉS.	
	Alsace.	Allemag		Alsace.	Allemag
	gr.	gr.			gr.
Foin de prairie.....	255	402	Maïs.....	Traces.	»
Trèfle fané.....	261	407	Fèves de marais.....	33 gr.	73
Luzerne fanée.....	»	169	Pois.....	3	14
Pois coupés en fleur..	»	280	Haricots.....	6	»
Paille de colza.....	»	700	Chenevis.....	»	5
Paille de froment.....	33	50	Graine de lin.....	»	69
Paille d'orge.....	»	120	Glands.....	»	3
Paille d'avoine.....	220	8	Pommes de terre.....	43	»
Paille de seigle.....	»	30	Betteraves.....	66	»
Froment.....	0	0	Navets.....	28	»
Avoine.....	11	»	Topinambours.....	33	»
Seigle.....	»	0	Pissenlit, en vert.....	»	170
Orge.....	»	0	Choux.....	40	35

On voit, qu'une tête de bétail consommant par

jour 20 kilog. de foin prendrait avec cet aliment 51 grammes de sel marin, et qu'elle n'en recevrait plus que 21 grammes, si cette ration était remplacée par 50 kilog. de pommes de terre. Dans 12 kilog. d'avoine, équivalent nutritif de 20 kilog. de foin, il n'y aurait plus que 1 gramme de chlorure de sodium, et la proportion de ce sel deviendrait peut-être inappréciable, si la ration se composait uniquement de seigle ou de maïs.

Aliments donnés à discrétion. L'expérience a été continuée sans rien changer aux dispositions adoptées, avec cette seule différence, que les deux lots de jeunes taureaux ont été nourris à discrétion, et qu'une partie de la ration a été donnée en betteraves. Chaque jour, on distribuait à chaque lot une quantité de nourriture supérieure à celle qu'ils pouvaient consommer, et le jour suivant, au moment de distribuer la nouvelle ration, on pesait ce qui était resté dans les crèches, afin de constater la consommation réelle.

Le lot formé des pièces A, B, C a continué à recevoir par jour 102 grammes de sel.

Le 13 novembre 1846, au matin, lors de la conclusion de la première observation, les pesées ont indiqué:

POUR LE LOT N° 1 QUI AVAIT REÇU DU SEL.

A.....	165 kil.
B.....	158
C.....	157
	480

POUR LE LOT N° 2 QUI N'AVAIT PAS REÇU DE SEL.

A'.....	146 kil.
B'.....	154
C'.....	152
	452

Cette deuxième observation, commencée le 13 novembre 1846, a été terminée le 11 mars 1847, au matin.

Durant les cent dix-sept jours écoulés entre ces deux époques, les lots ont consommé les quantités suivantes de fourrage :

PAR LE LOT N° 1 AYANT DU SEL.

Foin.....	792 kil.
Regain.....	940
Betteraves, 1250 kil. = foin.....	312
Consommation exprimée en foin et regain.	2044
Sel consommé.....	12

PAR LE LOT N° 2 N'AYANT PAS DE SEL.

Foin.....	753 kil.
Regain.....	870
Betteraves, 1160 kil. = foin.....	290
Consommation exprimée en foin et regain.	1913

Comme il est arrivé dans la première observation, le lot au sel a bu le plus.

En moyenne :

Le lot n° 1 a bu par jour 54 litres d'eau.
Le lot n° 2 31 id.

Les pesées exécutées le 11 mars 1847, au matin, ont donné :

LOT N° 1, AYANT CONSOMMÉ 12 KIL. DE SEL.

Pesée du 13 novemb.	Pesée du 11 mars.		
A. 165 kil.	210 kil.	Gain en 117 jours.	45 kil.
B. 148	200	Gain en 117 jours.	42
C. 157	208	Gain en 117 jours.	51
480	618		138

LOT N° 2 QUI N'A PAS EU DE SEL.

Pesée du 13 novemb.	Pesée du 11 mars.		
A'. 146 kil.	171 kil.	Gain en 117 jours.	25 kil.
B'. 154	214	Gain en 117 jours.	60
C'. 152	205	Gain en 117 jours.	53
452	590		138

Les poids moyens des lots étant :

Pour le lot n° 1, 549 kil., et le foin consommé par jour, 17k,47,
Pour le lot n° 2, 521 kil., id. 16k,35,

il s'ensuit que 100 kilog. de poids vivant ont pris, pour se rationner :

Dans le n° 1 ayant du sel..... 3k,2
Dans le n° 2 n'ayant pas de sel.. 3k,1

On voit que cette consommation de fourrage donné à discrétion ne diffère pas considérablement de la ration normale distribuée à raison de 3 kilog. de foin pour 100 kilog. de poids vivant. Ce résultat ne s'éloigne d'ailleurs que très-peu de celui que nous avons constaté, il y a quelques années, dans une circonstance où des veaux mangeaient à discrétion.

En résumé, dans cette deuxième observation on trouve que :

Le lot n° 1, ayant du sel, en consommant 100 kil. de fourrage, a produit, poids vivant..... 6k,8
Le lot n° 2, sans recevoir de sel, en consommant 100 kil. de fourrage, a produit, poids vivant.. 7k,2

On en conclut que le sel ajouté à la ration administrée à discrétion n'a pas eu d'effet appréciable sur le développement des jeunes taureaux : résultat au reste peu surprenant d'après l'analyse des cendres, puisque on trouve que la ration était formée en moyenne, pour chaque tête :

De foin et regain 4k,78	contenant sel marin.	12 gramm.
De betteraves... 3k,43	id.	3
Dans 10 litres d'eau,	id.	1
		16

Ainsi, chaque individu des lots prenait avec son fourrage 16 grammes de sel marin par jour.

A partir du 11 mars, les lots ont reçu la ration de l'étable, calculée à raison de 2 kilog., 5 de foin pour 100 kilog. de poids vivant, jusqu'au 31 juillet, époque à laquelle on l'a portée à 3 kilog. A compter du 1er octobre, on profita des belles pousses de trèfle de l'arrière saison pour mettre graduellement tous les animaux au régime du *vert*. Les dernières pesées eurent lieu le 31 octobre.

LOT N° 1 AYANT DU SEL.

Pesées du 11 mars.	Pesées du 31 octobre.	Gain en 233 jours.
A 210 kil.	330 kil.	120 kil.
B 200	298	98
C 208	322	114
618	950	332

LOT N° 2 N'AYANT PAS EU DE SEL.

Pesées du 11 mars.	Pesées du 31 octobre.	Gain en 235 jours.
A' 171 kil.	266 kil.	95 kil.
B' 214	298	84
C' 203	291	86
590	855	265

Du 11 mars au 31 octobre, il a été consommé, en foin :

Par le lot n° 1	4543k pour 100k de foin,	poids vivant	7k,3
Par le lot n° 2	4001 pour 100k de foin,	id.	6k,6

L'avantage, assez léger d'ailleurs, qu'on remarque dans le poids vivant développé par 100 kilog. de fourrage, dans le lot n° 1 ayant eu du sel, provient probablement de ce que dans le cours de l'expérience le taurillon B' du lot n° 2, a été atteint d'une affection intestinale assez grave à son début, qui céda, il est vrai, à des injections émollientes, à l'usage du gimgembre et de boissons mucilagineuses ; mais ce traitement exigea une diète durant laquelle le poids de l'animal baissa rapidement de 40 kilog.

Ces recherches montrent que le sel marin est loin d'exercer sur le développement du bétail, sur la production de la chair, l'influence qu'on est généralement porté à lui attribuer ; et, les variations constatées dans le cours de ces expériences indiquent assez que cette influence est assez faible pour qu'il devienne difficile de l'apprécier par des observations de courte durée. En effet, c'est en confondant en une seule toutes les observations partielles;

que l'on voit se manifester l'action extrêmement bornée que le sel semble exercer dans l'alimentation du bétail en voie de croissance.

L'ensemble de mes recherches embrasse alors un intervalle de treize mois, et le résultat final se résume dans les nombres suivants :

LOT N° 1 AYANT REÇU DU SEL.

Poids initial.	Poids final.	Gain.	Foin consommé.	Poids vivant par 100 kil. de foin.
434 k.	950 k.	516 k.	7178 k.	7k,19

LOT N° 2 N'AYANT PAS REÇU DE SEL.

407 k.	855 k.	448 k.	6483 k.	6k,91

Ainsi, la ration diurne moyenne du lot n° 1, 18kil.,2 de foin, a produit par jour 1kil.,306 de viande sur pieds. Sans l'addition de 102 grammes du sel, on doit supposer que cette même ration n'eut produit que 1kil.,257. L'excès de poids vif, attribuable à l'intervention des 102 grammes de sel, est donc de 49 grammes, ou 25gr de chair nette(1).

Si, dans mes expériences, le sel ajouté à la ration n'a pas eu d'effet perceptible sur la croissance du bétail, il paraît avoir agi favorablement sur l'aspect, sur la qualité des animaux. Jusqu'à la fin de mars, les lots ne présentaient pas encore de différence bien tranchée; ce fut dans le courant d'avril que cette différence commença à se manifester, même pour un

(1) J'ai corrigé ici une légère erreur de chiffres qui s'était glissée dans le mémoire original inséré dans les *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXII, 3e série.

œil peu exercé. Il y avait alors six mois que le lot n°2 ne recevait pas de sel. Chez tous les taurillons, le maniement indiquait bien une peau fine, moelleuse, s'étirant et se détachant des côtes; mais le poil, terne et rebroussé sur les taureaux du n° 2, était luisant et lisse sur ceux du n° 1. A mesure que l'expérience se prolongeait, ces caractères différentiels devenaient plus prononcés; ainsi, au commencement d'octobre, le n° 2, après avoir été privé de sel pendant une année, avait un poil ébouriffé, laissant apercevoir çà et là des places où la peau était mise à nu. Les taureaux du lot n° 1 conservaient au contraire l'aspect des animaux de l'étable; leur vivacité et les fréquents indices du besoin de saillir qu'ils manifestaient, contrastaient avec l'allure plus lente et la froideur de tempérament du lot n° 2. Nul doute que, sur les marchés, on eût obtenu un prix plus avantageux des taureaux élevés sous l'influence du sel.

M. de Béhague, dans son domaine de Dampierre, a fait depuis plusieurs années des expériences conformes à celles que je viens d'exposer, en ce sens qu'elles établissent que le sel ne favorise pas la production du poids vivant. Voici les résultats que cet agronome distingué vient de publier, avec la collaboration de M. Baudement.

Six animaux demi-sang anglais, Durhams-Normands et Durhams-Charolais ont été mis en observation pendant soixante et dix jours. Tous ont reçu ensemble une ration privée de sel d'abord, additionnée de sel ensuite.

La ration se composait d'une partie constante et d'une partie variable, c'est-à-dire que, chaque jour, on donnait aux six animaux :

Betteraves.....	88 kil.
Tourteau de colza.	2
Son.....	9 litr.

Puis du foin à discrétion.

Pendant trente-huit jours, le lot n'a pas eu de sel ; il en a reçu les vingt-huit jours suivants ; on a porté successivement la dose à 5, 10, 15 et 20 grammes pour 100 kil. de poids vivant.

Dans la première période, c'est-à-dire lorsque le lot n'avait pas de sel, il a consommé, comme ration supplémentaire, en trente-huit jours, 572 kil. de foin ; soit, par jour, 15 kil., 05.

Dans la deuxième période de vingt-huit jours, le lot a eu 0 kil.,89 de sel ; le foin supplémentaire consommé a été de 701 kil. ; soit, par jour, 25 kil., 04.

Le sel introduit dans la ration a, comme on voit, poussé à la consommation du foin ; mais la balance a montré que cette augmentation dans les aliments ingérés n'a pas eu d'effet utile.

Pesées de la première période de trente-huit jours sans sel :

Poids initial du lot.....	1313 kil.
Poids final.....	1524
Gain en 38 jours.....	211
Gain par jour.....	5,55
Par jour et par tête.....	0,92

Pesées de la deuxième période de vingt-huit jours avec sel.

Poids initial du lot.....	1524 kil.
Poids final.....	1631
Gain en 28 jours.....	107
Gain par jour.....	3,82
Par jour et par tête.....	0,63

La conclusion de MM. de Béhague et Baudement, c'est que le sel a provoqué l'appétit des animaux sans servir à leur développement, sans exciter, dans la même mesure, leur action d'assimilation.

Dans les plaines de l'Amérique du sud où la race bovine fut introduite par les Espagnols, le bétail n'exige pas tous les soins qu'on lui prodigue en Europe. Dans ces immenses prairies, où le bœuf se multiplie avec une étonnante célérité, on admet que le tiers des troupeaux consiste en femelles, uniquement parce qu'on fait une plus grande consommation de mâles; car, dans les naissances, le rapport entre les sexes est, autant qu'on en peut juger, à peu près ce qu'il paraît être en Europe, 19 mâles pour 16 femelles; le tiers des vaches d'un nombreux troupeau est improductif, soit à cause de leur âge, soit par les accidents assez fréquents dans l'état de liberté absolue. Les éleveurs comptent une perte de 1/10 depuis la naissance jusqu'à l'âge d'un an, époque où le propriétaire imprime sa marque sur l'animal.

C'est particulièrement à la production de la chair qu'on s'applique dans les *Llanos;* on comprend, en

effet, que dans un climat où l'homme est privé de la plupart des légumes propres aux régions tempérées, la viande soit la base de la nourriture ; M. Codazzi en évalue la consommation à 360 grammes par jour pour chaque habitant de Venezuela.

Dans les régions chaudes, le bœuf passe difficilement à l'état sauvage. Lors des guerres de l'indépendance de l'Amérique, on a vu des troupeaux considérables réduits à quelques individus après avoir été délaissés. C'est que le bétail est entouré d'ennemis : le jaguar le poursuit avec acharnement ; les *zancudos* (cousins) le tourmentent à tel point qu'ils le font souffrir de la faim au milieu des pâturages les plns riches. L'*oestre*, dont les larves perforent la peau des grands ruminants lui est plus funeste encore, en donnant lieu à des plaies vives, larges et profondes, dans lesquelles se meuvent des milliers de vers. J'ai rencontré plusieurs fois, dans le voisinage de bouquets de palmiers, des bœufs séparés de leurs troupeaux, couchés, expirants, et déjà à moitié dévorés par les insectes. Aussi, l'attention du *vaquero* est-elle constamment dirigée sur la peau du bétail ; il en extirpe les *gusanos*, et panse les plaies avec de la noix vomique (cevadilla). La nature place souvent le remède à côté du mal ; ainsi, le vacher des *Llanos* rencontre un puissant auxiliaire dans un oiseau attaché en quelque sorte aux troupeaux confiés à ses soins ; c'est le *guarapatero*, dont l'unique occupation est de manger les insectes adhérents à la peau des ruminants.

Digitized by Google

Dans les *Llanos*, on châtre les taureaux lorsqu'ils sont parvenus à l'âge de trois ou quatre ans; c'est à cet âge qu'on expédie, pour les régions tempérées des Cordillères, les bœufs et les vaches que doivent recevoir les prairies des *tierras frias*, où les animaux trouvent, avec une nourriture abondante, le repos si favorable à un prompt et complet engraissement.

Vaches laitières.

Les signes, à l'aide desquels on prétend reconnaître si une vache est apte à donner un abondant produit en lait, sont, quoiqu'on en dise, assez trompeurs; je suis bien loin de nier, cependant, que l'habitude de juger avec quelque certitude ne puisse pas s'acquérir. Mais cette faculté, acquise par une longue pratique, reste en quelque sorte la propriété de celui chez lequel elle s'est développée; du moins je puis affirmer que les règles que j'ai entendu exposer m'ont toujours paru fort vagues, et que plus d'une fois j'ai eu occasion d'observer chez des vaches également productives des conformations très-différentes des caractères extérieurs en quelque sorte opposés.

Les qualités que l'on exige d'une bonne vache proviennent surtout de celles que possède son ascendance, et il est à peu près certain qu'une génisse, issue d'une bonne laitière, deviendra elle-même une vache de valeur. Aussi la voie la plus directe pour créer une bonne race, consiste à élever de préférence des génisses provenant de

mères qui se font remarquer par l'abondance du lait plutôt que par la beauté de leurs formes. Au moment où j'écris ces lignes, il existe dans nos étables deux pièces recommandables par leur produit : l'une est une vache de haute taille, maigre, aux os saillants, en un mot, de l'aspect le plus disgracieux; l'autre est très-petite, à contours arrondis; sa charpente osseuse est peu visible; sa peau est douce, son poil fin. Ces deux vaches ont cependant un caractère commun : chez l'une, comme chez l'autre, l'appareil mammaire est extraordinairement développé.

Il ne faut pas, d'ailleurs, se hâter de juger la valeur d'une laitière après son premier veau; l'âge a de l'influence sur la sécrétion du lait, et, en général, le maximum de produit d'une vache arrive quand elle a dépassé sa sixième année. Pour les chevaux et les bêtes à laine, les dents sont des indices sûrs de l'âge; la certitude tirée de ces organes n'est plus la même chez la race bovine, les signes de l'âge déduits de l'examen attentif des cornes présentent plus de garanties : chez le bœuf, il apparaît, vers la cinquième année, un anneau situé vers la racine des cornes; chez les vaches, ce signe se manifeste au premier vêlage; à partir de cette époque, chaque année voit naître à la même place un nouvel anneau qui chasse le précédent. Sur les bêtes avancés en âge, les anneaux se confondent et peuvent à peine être comptés. On observe aussi que les cornes, qui dans la jeunesse sont plus fortes vers

leur base et vont en s'amincissant vers l'extrémité supérieure, présentent vers la neuvième ou la dixième année de l'animal, une conformation contraire; alors elles offrent vers la racine une espèce d'étranglement. La dépression formée au-dessus des yeux, des onglons plus développés sont encore des signes d'un âge avancé (1).

Thaer estime qu'en moyenne et dans un établissement bien dirigé, le produit brut d'une vache est de 280 jours de rendement, durant lesquels on obtient 1,287 litres de lait. Au reste, il est de toute évidence que le rendement annuel doit varier dans des limites fort larges, selon la race, l'individu, l'âge, l'alimentation et le climat. Dans les régions les plus chaudes de l'Amérique équinoxiale, la *laiterie* a bien moins d'importance qu'en Europe. Les vaches des savannes du Casanare et de l'Apure, ne fournissent guère en moyenne que 1,75 lit. de lait par jour. La température élevée de ces contrées s'opposant à la préparation du beurre, la presque totalité du lait est employée à *élever*, ou à la fabrication du fromage. Une vache fournit, année commune, 22 kil. de fromage. Dans les fermes (hatos), les 8/10 du lait sont utilisés dans cette fabrication; 2/10 servent à l'allaitement des élèves.

Selon M. Curven, une vache bien nourrie donne annuellement 3,739 litres de lait. Par des jaugeages journaliers du lait des vaches du domaine

(1) Thaer, *Agriculture raisonnée*, t. IV, p. 309.

de la Feuillasse, M. Perrault porte le produit annuel pour une tête à 1,700 litres, ou 5 litres par jour. M. Low l'évalue à 3,406 litres. Comme on le voit, les différences entre ces diverses données sont énormes, et peuvent à peine être justifiées par les circonstances influentes que nous avons admises; resterait à savoir comment le rendement annuel a été fixé par les divers observateurs; si, par exemple, on a toujours mesuré pendant une année entière le produit de chaque vache. Toute autre manière de procéder serait entièrement vicieuse, par cela même qu'elle supposerait un produit constant à toutes les époques; or, comme je l'établirai bientôt, il est bien loin d'en être ainsi.

Voici, en résumé, les faits parvenus à ma connaissance sur la quantité de lait qu'une vache peut produire.

TABLEAU.

LOCALITÉS.	AUTORITÉS.	POIDS des vaches.	FOIN consommé par jour.	LAIT produit par an.	LAIT par jour.	OBSERVATIONS.
		kil.	kil.	litr.	litr.	
France : La Feuillasse (Ain)...	Perrault de Jotemps.	400	12,5	1700	4,7	Vaches à l'étable.
Lompries (Ain).....	D'Angeville.	275	6,3	915	2,5	Id.
Roville (Meurthe).....	De Dombasle.	»	10,0	1416	3,4	Id.
Lyonnais (montagnes).	Grognier.	»	»	730	2,0	Vaches mal nourries en hiver.
Bechelbronn (B.-Rhin)	Le Bel et Boussingault.	600	15,0	2511	6,8	
Angleterre.....	Low.	«	»	3406	9,3	Id.
Id.....	Curwen.	»	»	3739	10,2	Id.
Belgique : Anvers.....	Schwertz.	»	13,0	2558	7,0	Id.
Id.....	Schwertz.	»	12,4	2254	6,2	Pâturage et étable.
Hollande : Pays-Bas.....	Schwertz.	»	12,4	1932	5,3	Étable l'hiver ; pâturage.
Id.....	Aiton.	312	»	4015	11,0	
Campine.....	Schwertz.	»	»	5292	14,5	
Saxe : Moosen.....	Schweitzer.	258	9,4	1527	4,2	Nourries à l'étable.
Altenbourg.....	Schmalz.	»	14,0	1950	5,3	
Autriche : Carinthie.....	Burger.	375	»	1564	4,3	Bien nourries.
Prusse : Mœglin.....	Thaer.	»	10,0	1505	4,1	Nourries à l'étable.
Environs de Berlin...	Thaer.	»	»	1707	4,7	
Suisse.....	D'Angeville.	475	12,5	1700	4,7	Id.
Hofwyll.....	D'Angeville.	600	17,5	2662	7,3	Nourries à discrétion.

A Be chelbronn, pendant longtemps, on a mesuré soir et matin, et l'on a enregistré le lait donné par chacune des vaches. Je présenterai ici le résultat de ce jaugeage, effectué durant une année sur le lait de sept vaches entretenues à l'étable, et consommant par jour 15 kilog. de foin, ou l'équivalent de ce fourrage en tubercules et en racines.

TABLEAU

RÉSULTAT DU JAUGEAGE DU LAIT PRODUIT PAR SEPT VACHES

ANNÉE

NOMS des VACHES	AGE DES VACHES en décembre.		POIDS DES VACHES en décembre.	ÉNUMÉRATION. du nombre des parts.	LAIT										
					JANVIER.	PAR JOUR.	FÉVRIER.	PAR JOUR.	MARS.	PAR JOUR.	AVRIL.	PAR JOUR.	MAI.	PAR JOUR.	JUIN.
	a.	m	kil	vélag.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.
La Raffaëlée..... (Le lait a cessé le 21 avril et a reparu le 18 juin, sans qu'elle ait vêlé.)	8	»	760	6e	191	6,2	165,5	5,9	90	2,9	20,5	1,0	»	»	222,0
La Paysanne.... (A cessé d'être traite le 21 février, vêlé le 29 avr. (2).	7	»	659	5e	140	4,7	42	2,0	»	»	10,0	10,0	310	10,0	435,0
Prima-Donna... (A vêlé le 19 fév.; le lait a cessé le 5 décembre.)	6	»	811	6e	»	»	90	3,2	310	10,0	300	10,0	343,5	11,1	354,5
Formosa..... (A cessé d'être traite le 1er avril; vêlé le 2 juin.)	9	»	715	7e	134	4,5	111,5	4,0	65	2,1	»	»	»	»	560,5
La Gitana..... (Le lait a cessé le 30 septembre; a vêlé le 9 nov.)	6	»	600	4e	275,5	8,9	166	6,6	161,5	5,9	180	6,0	166,5	6,0	180,0
Galathée..... (Le lait a cessé le 9 juillet; vêlé le 2 octobre.)	6	»	700	4e	201,5	6,5	149	5,3	112,5	3,6	70	2,5	100,5	3,2	55,5
Belle et Bonne.. (A cessé d'être traite le 15 février; a vêlé le 5 avril.)	11	3	612	9e	121	3,9	15	1,0	»	»	356	11,9	495,5	16,0	460,0

(1) L'âge et le poids des vaches répondent à la fin de l'année.

CONSOMMANT PAR TÊTE 15 KILOGRAMMES DE FOIN PAR JOUR.

1841.

RENDU EN													PRODUIT de l'année	PAR JOUR, moyenne de l'année.	NOMBRE DE JOURS pendant lesquels la vache a rendu.	LAIT PAR JOUR de rendement.
PAR JOUR.	JUILLET.	PAR JOUR.	AOUT.	PAR JOUR.	SEPTEMBRE.	PAR JOUR.	OCTOBRE.	PAR JOUR.	NOVEMBRE.	PAR JOUR.	DÉCEMBRE.	PAR JOUR.				
litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr	litr.	litr.	jours.	litr.
7,4	505,6	16,3	483,0	15,6	441,0	14,7	323,0	10,4	266,0	8,9	231,5	7,5	2938,5	8,0	307	9,6
15,1	487,5	15,7	462,0	14,9	423,0	14,1	300,5	9,7	277,5	9,2	234,5	8,2	3142,0	8,6	298	10,5
11,8	295,0	9,5	214,5	6,9	164,0	5,5	102,0	3,3	53,0	1,8	9,0	1,8	2235,5	6,1	289	7,7
13,6	450,5	14,5	379,5	12,2	304,0	10,1	187,5	6,0	126,0	4,0	97,0	3,1	2235,5	6,1	302	7,4
6,0	179,0	5,8	127,5	4,1	60,0	2,0	»	»	200,0	10,0	300,0	10,0	2058,0	5,8	324	6,3
2,9	16,0	1,8	»	»	»	»	290,0	10,0	294,5	9,8	271,0	8,7	1596,5	4,4	280	5,6
15,3	442,0	14,3	414,0	15,4	377,0	12,6	287,5	9,5	226,5	7,6	178,0	5,7	3372,5	9,2	318	10,6
													17576,5			

(2) J'ai admis que pendant l'allaitement la vache rend 10 litres de lait par jour.

Ainsi, les sept vaches inscrites dans le tableau ont donné, dans le courant de l'année, 17576,5 litres de lait, qui se répartissent par mois comme il suit :

MOIS.	LAIT RENDU PAR MOIS.	JOURS de rendement DES VACHES.	PRODUIT par jour ET PAR TÊTE.
	litres.		
Janvier.....	1063,0	186	5,7
Février.....	759,0	158	4,8
Mars.....	759,0	155	4,9
Avril.....	942,5	138	6,7
Mai.....	1436,0	155	9,3
Juin.....	2117,5	190	11,1
Juillet.....	2375,0	195	12,2
Août	2080,5	186	12,8
Septembre.....	1769,0	180	9,8
Octobre.....	1490,5	184	8,1
Novembre.....	1443,5	200	7,2
Décembre.....	1341,0	191	7,0
Somme...	17576,5	2118	

En moyenne, chacune des vaches a produit, en 1841, 2,509 litres de lait; le nombre de jours de rendement pour une vache a été de 302 1/2.

Pour chaque jour de *rendement*, le lait d'une vache s'est élevé à 8,3 litr. On a 6,8 litr. si l'on n'élimine pas les jours de chaumage, si l'on prend la moyenne de l'année entière.

Juin, juillet et août ont été les mois les plus productifs en lait, et pendant cette époque les vaches ne consommaient pas autre chose que du trèfle. Toutefois, il faut remarquer que c'est précisément durant ces trois mois qu'il y a eu le plus de jours impro-

ductifs, mais que trois vaches sur sept ayant vêlé en mars, avril et mai, donnaient alors leur maximum de produit.

Dans ce genre d'évaluation, il faut, comme je l'ai fait observer, prendre en considération le temps écoulé depuis le part, et pour montrer avec quelle rapidité le lait diminue à mesure qu'on s'éloigne de l'époque du vêlage, j'ai formé un second tableau comprenant la production du lait depuis l'instant où une vache a vêlé jusqu'au moment où l'on a cessé de la traire. J'ai pris les éléments de ce tableau dans les registres de notre laiterie.

TABLEAU.

Digitized by Google

NOMS des VACHES.	DATE du PART.	ÉPOQUE de la disparition DU LAIT.	1er MOIS.	LAIT PAR JOUR.	2e MOIS.	LAIT PAR JOUR.	3e MOIS.	LAIT PAR JOUR.	4e MOIS.	LAIT PAR JOUR.	5e MOIS.	LAIT PAR JOUR.	6e MOIS.
			litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.
			juin, 28 j.		juill.		août		sept.		oct.		nov.
La Raffalée.	2 juin 1840.	21 avril 1841.	280	10,0	310	10,0	310	10,0	292	9,7	304	9,8	229
			fév., 2 j.		mars		avr.		mai.		juin.		juil.
La Paysanne.	28 fév. 1840	21 fév., 1841.	20	10,0	310	10,0	389	12,5	306	9,9	303	10,1	394
			avril 22 j.		mai.		juin.		juill.		août		sept.
Prima-Dona.	8 avr. 1840.	31 déc. 1840.	235	10,7	343	11,1	334	11,1	343	11,1	300	9,7	230
			juin, 22 j.		juil.		août		sept.		oct.,		nov.
Formosa.....	8 juin 1840.	31 mars 1841.	220	10,0	310	10,0	313	10,1	248	8,3	214	6,9	141
			nov. 8 j.		déc.		janv		fév.		mars		avr.
La Gitana...	24 nov 1840	30 sept. 1841.	60	10,0	310	10,0	276	8,9	186	6,6	181	5,9	180
			oct., 23 j		nov.		déc.		janv		févr.		mars
Galathée.....	8 oct 1840.	9 juillet 1841.	230	10,0	290	9,7	257	8,5	202	6,5	149	5,3	112
			mars 15 j.		avr.		mai.		juin.		juill.		août
Belle et Bonne	15 mar 1840	15 févr. 1841.	150	10,0	322	10,7	418	13,5	388	12,9	396	12,8	320

LAIT PAR JOUR.	7e MOIS.	LAIT PAR JOUR.	8e MOIS.	LAIT PAR JOUR.	9e MOIS.	LAIT PAR JOUR.	10e MOIS.	LAIT PAR JOUR.	11e MOIS.	LAIT PAR JOUR.	12e MOIS.	LAIT PAR JOUR.	13e MOIS.	LAIT PAR JOUR.	LAIT OBTENU entre les deux parts.	NOMBRE DE JOURS de traite.	LAIT PAR JOUR de traite.
litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.		litr.
	déc.		janv		fév.		mars		avril								
7,6	204	6,6	191	6,2	165	5,9	90	2,9	20	1,0	»	»	»	»	2395	323	7,4
	août		sep.		oct.		nov.		déc.		janv		fév.				
12,7	316	10,2	261	8,7	287	9,3	212	7,1	164	5,3	140	4,7	42	2,0	3124	360	8,7
	oct.		nov.		déc.		janv										
7,7	182	5,9	135	4,5	56	1,9	»	»	»	»	»	»	»	»	2164	267	8,1
	déc.		janv		fév.		mars		avril								
4,7	188	5,4	134	4,3	112	4,0	85	2,1	»	»	»	»	»	»	1925	296	6,5
	mai.		juin.		juil.		août		sept.		oct.						
6,0	187	6,0	180	8,0	179	5,8	127	4,1	80	2,0	»	»	»	»	1926	310	6,5
	avr.		mai.		juin.		juill.										
3,6	70	2,3	100	3,2	86	2,9	16	1,8	»	»	»	»	»	»	1518	274	5,5
	sep.		oct.		nov.		déc.		janv		févr						
10,3	261	8,7	240	7,7	211	7,0	155	5,0	121	3,9	13	1,0	»	»	2997	337	6,9
															16049	2167	moyenne 7,4

Comme résultat de ce travail, on trouve qu'après le part, en moyenne, une vache a donné 2,293 litres de lait pendant 310 jours de *traite;* son produit moyen de chaque jour a été par conséquent de 7,4 litr.

On a dû remarquer pour *Gitana* et *Galathée,* que le maximum de rendement s'est manifesté pendant que ces vaches étaient soumises à la nourritnre d'hiver, et que la diminution du lait a continué rapidement en mai, juin, juillet et août, malgré le trèfle vert qu'elles recevaient à cette époque.

Les observations de 1842, que j'ai rapportées précédemment, ont donné un produit moyen par jour de rendement, sensiblement plus élevé, 8,3 litres. Mais les observations faites dans une année entière, sans tenir compte de l'époque du vêlage, sont par cela même affectées d'une certaine irrégularité. D'autres circonstances, par exemple, qui eussent fait que dans le cours de l'année il se fût trouvé un plus grand nombre de vaches arrivées à la période de leur minimum de produit, auraient certainement abaissé le chiffre moyen qu'on a obtenu. A mon avis, la méthode la plus convenable pour fixer le produit moyen d'une vache est de jauger le lait qu'elle rend dans l'intervalle écoulé d'un part à l'autre. C'est pour ce motif que j'adopte 7,4 litres de lait par jour pour le rendement moyen d'une vache de la race de Schwitz, recevant 15 à 18 kil. de foin toutes les vingt-quatre heures. J'admets aussi qu'une vache, après avoir fait son veau, donne du lait pendant 310 jours.

On cite souvent des rendements en lait véritable-

ment prodigieux, et de nature à faire naître quelques soupçons sur la véracité des personnes qui les mentionnent. Selon certains auteurs, il est des vaches qui donnent régulièrement et pendant plusieurs mois 25 à 30 litres de lait par jour. Un agronome d'une exactitude incontestée, M. Crud, rapporte que des vaches, remarquables d'ailleurs par leur taille, ont atteint 40 litres. Thaer va plus loin encore, en assurant que des personnes dignes de toute croyance ont vu, dans d'excellents pâturages, certaines vaches donner au moment de la plus grande production, de 42 à 47 litres (1). Ces rendements excessifs ne sont en effet que momentanés, et il paraît qu'il est peu d'étables où on ait eu l'occasion de les observer. Nos vachers m'ont souvent entretenu de ces sortes de phénomènes; mais depuis que l'on jauge avec précision les produits de la laiterie, je n'ai rien vu qui pût me faire croire à leur réalité. Des vaches ont bien rendu, pendant quelques semaines 15 à 18 litres de lait ; mais il y a loin de là aux quantités qui m'ont été indiquées.

Toutefois, une vache, nourrie surabondamment dans un herbage de bonne qualité, donne des produits considérables. C'est le cas en Normandie. Ainsi une *cotentine* du poids de 545 kilog. a fourni, pendant le mois de :

	Lait.	litr.
Mai....	643 litr. par jour	20,74

(1) F. M. *Maison rustique du 19e siècle*, t. III, p. 59.

Juin....	584	19,47
Juillet..	547	17,65 (1)

La vache a été traite trois fois par jour; malgré cette forte quantité de lait, elle n'a pas maigrie; à la fin de juillet, son poids était de 543 kilog.

Dans le Bessin et le Cotentin, où sont placées les plus belles vacheries de la Normandie, le lait est destiné à la préparation du beurre, et, durant les mois de mai, juin et juillet, saison du plus fort rendement, on estime qu'une vache en donne par jour $0^{kil.},75$.

De tels produits, sont nécessairement la conséquence d'une forte consommation d'aliments; en effet, une vache du Cotentin dépouille par jour une surface d'herbe de 80 centiares; en d'autres termes, un hectare fournirait, en une coupe, la nourriture de 125 vaches. — M. Durand évalue à 30 kilog. le foin que mange une bonne laitière; encore faut-il pour l'entretenir pendant quelque temps dans un rendement de 20 litres de lait par jour, sans qu'elle perde de son poids, substituer à une partie du fourrage sec des aliments aqueux, tels que la betterave. Ces données établissent qu'en Normandie, une vache laitière reçoit quelquefois, comme ration, $5^{kil.},5$ de foin pour 100 kilog. de poids vivant.

Une nourriture abondante est indispensable pour que les vaches puissent donner d'abondants produits;

(1) Jaugeage fait par M. Durand de Caen.

Digitized by Google

mais on exagère souvent outre mesure l'influence que la nature particulière des aliments peut exercer sur la sécrétion du lait. Chaque cultivateur semble en quelque sorte prendre à tâche de prôner une espèce de fourrage. Suivant l'un, la carotte possèderait la précieuse faculté d'augmenter la production du lait; selon tel autre, ce serait la betterave. Chaque racine, chaque tubercule a trouvé des apologistes. La vérité se rencontre au milieu de toutes ces opinions extrêmes, et j'ai l'intime conviction que tous les fourrages qui entrent habituellement dans la ration des bêtes à cornes sont aptes à produire d'excellents effets quand on les administre en quantité suffisante, quand on ne se méprend pas sur la valeur de leurs équivalents. Je ne crains pas d'affirmer que l'opinion de la plupart des agriculteurs repose sur des observations tout au moins incomplètes.

Nous avons entrepris, à Bechelbronn, une suite d'expériences pour examiner si réellement la nature spéciale des aliments consommés par les vaches influe d'une manière appréciable sur la quantité et sur la constitution chimique du lait. Ces recherches ayant été dirigées dans un but purement pratique et dans l'intérêt de notre laiterie, nous nous sommes limités à étudier l'action des fourrages que nous donnons ordinairement aux vaches.

Le régime alimentaire varie nécessairement avec les saisons; mais, chaque tête reçoit chaque jour pendant de l'année l'équivalent de 15 à 18 kilog. de

Digitized by Google

foin de prairie; le foin en nature entre d'ailleurs constamment et pour une forte proportion dans la ration, lorsque les bêtes ne sont pas entièrement au vert. En hiver, ce fourrage est associé à des betteraves, des pommes de terre, des navets ou des topinambours. Au printemps, le foin est remplacé graduellement par du vert.

La composition chimique du lait a peu varié durant le cours des expériences. Pour le caséum, les différences trouvées dépassent rarement un centième. Les proportions de la substance grasse offrent, ainsi que je l'ai déjà fait remarquer, des variations assez brusques qui paraissent indépendantes des circonstances diverses dans lesquelles les vaches ont été successivement placées.

Voici les résultats :

COMPOSITION DU LAIT OBTENU SOUS L'INFLUENCE DE DIVERS RÉGIMES; LA VACHE RATIONNÉE AVEC L'ÉQUIVALENT DE 15 KIL. DE FOIN.

ALIMENTS.	NOMBRE de jours écoulés depuis le part.	Caséum.	Beurre.	Lactine.	Eau.	SUBSTANCES sèches d. 100 de lait.
	jours.					
Foin.....	200	3,1	4,5	4,7	87,7	12,3
Foin; trèfle en vert..	24	3,2	3,5	4,5	88,8	11,2
Trefle en vert.....	35	3,4	5,6	4,2	86,8	13,2
Trefle en vert.....	193	4,3	2,2	4,7	89,7	10,3
Trèfle en vert.....	204	3,9	3,5	5,2	87,4	12,6
Foin; pomm. de terre.	176	3,6	4,8	5,1	86,5	13,5
Pommes de terre....	229	3,6	4,0	5,9	86,5	13,5
Betteraves	215	3,6	4,0	5,3	87,1	12,9
Navets.....	207	3,2	4,2	5,0	87,6	12,4
Topinambours	290	3,5	3,5	5,5	87,5	12,5

En définitive, ce travail a établi que la na-

ture des aliments consommés n'exerce pas une influence bien marquée sur la quantité et la constitution chimique du lait (je ne dis pas sur la *qualité*), si les vaches reçoivent les équivalents nutritifs de ces différents aliments. J'insiste sur ce point, car il est de toute évidence que si le poids des différentes rations n'était pas calculé d'après celui des équivalents, on observerait des variations dans la quantité ; mais alors ces variations auraient pour cause l'augmentation ou la diminution de la matière nutritive administrée. Les vaches réduites à se nourrir presque uniquement avec de la paille pendant l'hiver, cessent de produire ; et l'on comprend qu'on attribue le retour et l'abondance du lait aux fourrages verts du printemps, tandis que cet effet est dû, à n'en pas douter, à l'augmentation réelle de la ration alimentaire.

Dans les établistements où un bon système de culture permet d'assurer au bétail, dans toutes les saisons, une nourriture saine et suffisante, les produits d'hiver de la laiterie, s'ils diffèrent de ceux de l'été ou du printemps, ne présentent, en tout cas, qu'une différence bien moins sensible qu'on le suppose communément. Je suis, d'ailleurs, persuadé qu'on estime trop bas la valeur nutritive des fourrages verts, et qu'en réalité, lorsque le bétail mange du trèfle ou de la luzerne non fanés, il est beaucoup mieux nourri que dans les circonstances ordinaires.

S'il est vrai que le plus ou le moins d'abondance du lait dépende surtout de la quantité réelle d'aliments

consommés par les vaches, il n'en est plus ainsi de la *qualité*. On ne saurait nier que le lait du printemps, émanant de fourrages verts, ne soit plus agréable au goût, que le beurre n'en soit plus délicat. L'herbe contient certainement des principes fugaces que dissipent la dessiccation et la fermentation des foins ; ainsi, dans les pâturages, on signale quelques espèces fourragères, possédant la propriété d'aromatiser le lait.

En recherchant quel est la quantité de lait résultant de la consommation de 100 kilog. de foin par des vaches bien nourries. je trouve :

	litres.
Moyenne de notre étable.....	45,3
Vaches cotentines, maximum de rendement..	64
Selon Pabst, rendement moyen.....	37

La vache ne donne pas seulement du lait, elle forme encore de la chair, c'est-à-dire le veau, mais il est imposssible d'évaluer séparément ce que chacun de ces deux produits prend à la ration.

M. A. Dailly a constaté que dans le domaine des Trappes, près Versailles, les vaches de trois à quatre ans, dont les veaux sont enlevés deux jours après la naissance, rendent en consommant 100 kil. de foin :

Lait.....	40 litres.
Chair vivante.	1 kil.

Pour la même consommation, les mêmes vaches, auxquelles on laisse les veaux jusqu'à ce qu'ils aient quarante jours, produisent :

Google

Lait.....	30 litr.
Chair vivante.	2 kil.

On a prétendu que l'usage du sel marin rendait plus abondante la sécrétion du lait. J'ai fait des expériences, dont les résultats ne sont rien moins que favorables à cette opinion, soutenue, comme tant d'autres, sans être appuyée sur des observations précises.

Junon, n° 25 de l'étable, avait vêlé le 8 janvier. — A partir du 20 février, elle a été mise au foin, donné à discrétion, mais sans sel; ensuite elle en a reçu 100 grammes par jour.

Cette vache ayant été reconnue comme étant faible mangeuse, et, par cela même, assez mauvaise laitière, on a mis en observation Cordula, n. 18 de l'étable.

Voici le détail des deux expériences :

TABLEAU.

Digitized by Google

JUNON : POIDS, 416 KILOGRAMMES.

LA RATION SANS SEL.			LA RATION ET 100 GR. DE SEL.		
DATES.	FOIN consommé.	LAIT obtenu.	DATES.	FOIN consommé.	LAIT obtenu.
	kil.	litr.		kil.	litr.
Février, 20	7	6,2	Mars, 6	12,5	5,6
21	10	5,6	7	12,5	5,6
22	10	6,2	8	12,5	6,3
23	13	6,4	9	12,5	5,8
24	10	6,4	10	12,5	5,3
25	8	5,4	11	5,»	4,9
26	10	5,8	12	8,»	4,3
27	10	6,1	13	12,5	4,1
28	12	5,7	14	12,5	4,8
Mars, 1	10	5,0	15	10,»	5,4
2	9	6,1	16	12,5	5,0
3	10	5,8	17	12,5	5,1
4	14	6,0	18	12,5	5,6
5	10	6,4	19	12,5	5,1
			20	12,5	5,0
Jours.. 14	143	83,1	21	12,5	5,2
			Jours.. 16	185,5	83,1

Résumé :

	Ration sans sel.	Ration addit. de sel.
	kil.	kil.
Foin consommé par jour...	10,21	11,56
	litr.	litr.
Lait obtenu par jour.....	5,94	5,19
100 k. de foin ont produit.	58,20 de lait.	44,80

TABLEAU.

CORDULA : POIDS, 496 KILOGRAMMES.

LA RATION DONNÉE SANS SEL.				60 GRAMMES DE SEL PAR JOUR.			
DATES.		FOIN consommé.	LAIT obtenu.	DATES.		FOIN consommé.	LAIT obtenu.
		kil.	litr.			kil.	litr.
Avril,	29	10	8,2	Mai,	20	22	7,5
	30	20	8,4		21	20	8.2
Mai,	1	20	7,3		22	20	7,3
	2	20	7,6		23	20	7,7
	3	20	7,5		24	20	7,1
	4	20	8,0		25	18	7,7
	5	20	7,9		26	20	7,0
	6	20	7.4		27	20	7,5
	7	20	7,7		28	20	8,0
	8	20	8,1		29	20	9,4
	9	20	8,7		30	20	8,3
	10	20	8,3		31	20	7,6
	11	20	8.9	Juin,	1	20	6,8
	12	20	8,8		2	18	8,5
	13	20	7,8		3	20	7,7
	14	20	8,0		4	20	9,4
	15	20	7,0		5	20	8,5
	16	20	7,5		6	20	8,1
	17	20	7,0		7	18	7,4
	18	21	7,5		8	20	7,8
	19	20	8,4		9	20	6,7
					10	20	8,5
Jours..	21	411	166,0		11	22	8,5
					12	18	8,5
					13	20	8,2
					14	20	8,5
					15	20	8,4
				Jours..	27	536	214,6

Résumé :

	Ration sans sel.	Ration addit. de sel.
	kil.	kil.
Foin consommé par jour...	19,57	19,85
	litr.	litr.
Lait obtenu par jour.....	7,90	7,93
100 k. de foin ont produit.	40,39 de lait.	40,04

Il ressort évidemment de ces deux séries d'observations que le sel n'a pas eu d'effet utile. Junon, en consommant plus de fourrages sous l'influence du sel, a même donné moins de lait.

MM. de Béhague et Baudement sont arrivés à des résultats entièrement conformes à ceux que je viens d'exposer ; ils concluent de leurs expériences, faites sur trois vaches, que le sel a été sans influence sur la lactation.

§ 3. — Engraissement du bétail.

A parité des circonstances, l'engraissement peut avoir sur la laiterie quelques avantages; ainsi on rentre plus promptement dans ses avances en engraissant qu'en entretenant des vaches laitières pendant toute l'année. Le capital employé dans la prémière opération est réalisé au bout de quatre ou cinq mois, tandis que celui employé à produire du lait se trouve dans un roulement continu.

La quantité de nourriture nécessaire pour porter *à point* le bétail qu'on engraisse, ne varie pas moins que celle qui est requise pour assurer une abondante production de lait chez les vaches. Ainsi, la grandeur des individus, leur âge, leur race et la proportion de chair et de graisse que l'on veut développer chez un animal, exigent des doses variées de fourrage. L'âge surtout est à considérer, car, en soumettant un animal jeune à l'engrais, on forme à la fois de la chair et de la graisse. C'est toujours ce qui arrive lors de l'engraissement des bœufs de deux ans, des porcs

de dix à onze mois; l'accroissement de *poids vivant*, dans ces conditions d'âge, n'est pas dû uniquement à la graisse accumulée. Chez un individu dont le système musculaire est complétement formé, il y a tout lieu de croire que l'accroissement de poids, conséquence du régime de l'engraissement, est dû au développement du tissus adipeux. C'est encore une faculté que donne la pratique, que celle d'apprécier la disposition des animaux à prendre de la graisse. Lorsqu'on a pour objet la production de la viande, on doit préférer des sujets jeunes dont la croissance est rapide. Ceux chez lesquels les forces digestives prédominent ont généralement une large poitrine, un corps volumineux et arrondi, des côtes bien arquées; les os sont petits, les membres courts, le cou peu allongé et épais; la peau douce, flexible, moelleuse au toucher, elle doit être mince et très mobile sur les côtes; la queue peu fournie, des fesses peu fendues et bien charnues, caractères dont l'ensemble se résume en disant que le sujet est bien *culotté*. Le regard est vif et assuré, les cornes minces, blanchâtres et presque transparentes. L'animal doit avoir été châtré alors qu'il était à la mamelle.

Un fermier anglais, Robert Bakewell, est parvenu, après des essais nombreux dirigés avec une haute intelligence, à créer une race de bêtes à cornes et de bêtes à laine particulièrement propre à l'engraissement. Le principe fondamental que Bakewell a établi, comme conséquence d'une longue expérience, est que la petitesse des os, une peau mince et une forme

de corps cylindrique indiquent, chez les animaux, la faculté de prendre promptement de la graisse, en consommant une quantité de nourriture comparativement peu considérable. Les caractères les plus saillants qui se montrent dans la race créée par Bakewell, désignée communément sous le nom de race de *Dishley*, sont :

1° L'animal bas sur jambes ;
2° L'épine du dos droite, et le dos large et plat ;
3° Le corps arrondi, presque cylindrique,
4° La poitrine large (1).

On considère un bœuf comme ayant eu une rapide croissance quand, parvenu à l'âge de trois ans, il pèse 462 à 478 kilog. La faculté de s'engraisser jeune est aussi une précieuse qualité que l'on aime à rencontrer dans le bétail destiné à la boucherie ; l'éleveur rentre plus tôt dans ses déboursés. Sinclair pense qu'indépendamment d'une bonne constitution, cette faculté provient principalement d'un caractère doux, et, comme la docilité est le plus souvent un effet des premiers soins qu'il reçoit, il convient de rendre le jeune bétail très-familier.

Les différentes races de bêtes à cornes ne donnent pas toutes de la chair de même qualité, et cela indépendamment de l'âge. Les viandes réputées supérieures ont un goût très-prononcé et caractéristique après la cuisson ; la graisse doit être uniformément répartie entre les fibres des muscles,

(1) De Dombasle, *Annales de Roville*, 2e livraison, 1825.

de manière à leur donner une apparence marbrée (1).

Dans l'engraissement du bétail, il importe peut-être plus encore que dans l'alimentation ordinaire, que la nourriture soit distribuée avec régularité; une litière abondante sur laquelle l'animal repose mollement, une grande propreté, sont des soins qui concourent à rendre l'engrais facile. L'étable doit être peu éclairée, éloignée du bruit; en un mot, il faut réunir toutes les conditions qui provoquent les bêtes au sommeil.

L'âge auquel le bétail s'engraisse le plus aisément est celui de sept à huit ans. Les animaux au-dessous de cet âge, sont cependant susceptibles d'acquérir un haut degré d'embonpoint; mais ils exigent et plus de temps et plus d'aliment (2), par la raison qu'ils forment encore de la chair.

Dans l'engraissement d'hiver, que, dans certaines contrées on fait exclusivement avec du foin, un bœuf, poussé à 340 kil., quand il est rationné avec 18 kil. et demi de ce fourrage, augmente par jour de près de 1 kilog. ($0^k,93$) (3).

Selon M. Low, un bœuf d'environ 350 kilog., consommant par semaine 1,015 kil. de turneps, s'il profite bien, gagne en poids dans le même espace de temps $6^k,35$. Admettant pour l'équivalent du turneps 676 (4), on trouve que la ration de foin

(1) Sinclair, *Agriculture pratique et raisonnée*, t. I, p. 182.
(2) Thaer, *Principes raisonnés d'agriculture*, t. IV, p. 362.
(3) Sinclair, *Agriculture pratique et raisonnée*, t. I, p. 359.
(4) Je prends l'équivalent de rutabaga.

par jour devient 21^{k},4, ayant produit 0^{k},91 d'accroissement.

D'après les renseignements recueillis dans les provinces rhénanes par M. Moll, un engraissement entrepris sous l'influence d'un régime représentant 5 kilog. de foin pour 100 kilog. de poids vivant, procure à l'animal une augmentation du tiers de son poids en trois ou quatre mois (1).

J'ai hâte d'ajouter à ces données générales quelques faits précis. En dernière analyse, ce sont les seuls être acceptables par la science agricole.

Dans une serie d'expériences, M. Robert Stephenson s'est proposé de comparer les progrès de l'accroissement de poids chez les bêtes à cornes soumises à des régimes alimentaires différents (2). M. Stephenson, admettant que les animaux consomment une quantité de nourriture proportionnelle à leur poids lorsqu'ils sont à peu près dans les mêmes conditions, a dû diviser son bétail en plusieurs lots, formés chacun par des animaux de poids peu différents. On a pris des bœufs de deux ans, élevés dans la même ferme, entretenus de la même manière. Je résumerai ici une observation dans laquelle les observations ont porté sur trois lots de six bêtes chacun. Le poids en vie de chaque lot a été constaté avant et après l'expérience dont la durée a été de 119 jours.

Le premier lot a consommé des turneps, des na-

(1) Moll, *Journal d'agriculture pratique*, t. V, p. 520.

(2) Robert Stephenson, *Journal d'agriculture pratique*, t. I, p. 73.

vets blancs, des tourteaux de graines de lin, des fèves et de l'avoine, et pendant les vingt-quatre derniers jours chaque bête a eu, toutes les vingt-quatre heures, 9$^{kil.}$,08 de pommes de terre.

Le second lot a été nourri comme le premier, avec cette différence qu'il n'a point reçu de tourteaux, et que, durant les vingt-quatre derniers jours, la dose de pommes de terre a été réduite à 4^{k},54.

Enfin, le troisième lot n'a reçu que des racines pour nourriture.

Le poids moyen des bœufs était de :

1er lot avant l'engraissement.	507 kil.
2e lot.....	462
3e lot.....	361

Voici le poids et la nature des aliments consommés par chaque bête pendant les 119 jours :

Tableau.

Digitized by Google

ALIMENTS CONSOMMÉS, PAR CHAQUE TÊTE, EN 119 JOURS.

ALIMENTS.	Ier LOT.		IIe LOT.		IIIe LOT.	
	POIDS.	ÉQUIVALENT à foin.	POIDS.	ÉQUIVALENT à foin.	POIDS.	ÉQUIVALENT à foin.
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
Navets	690	103	740	110	510	76
Rutabagas	6062	897	6084	900	5460	808
Fèves	163	562	163	562	»	»
Tourteau de lin	177	805	»	»	»	»
Avoine	79	130	79	190	»	»
Pommes de terre	218	84	109	42	»	»
Aliments exprimés en foin		2581		1804		884
Foin consommé par jour		21,7		15,2		7,4
Pour 100 kilogrammes de poids vivant, foin		4,3		3,3		2,1

Les pesées ont indiqué, pour l'accroissement de poids pendant l'engraissement, les nombres suivants :

	Augmentation par tête en 119 jours. kil.	Accroissement en chair et graisse par jour et par tête. kil.
1er lot.....	112,5	0,94
2e lot.....	105,3	0,89
3e lot.....	51,2	0,43

Suivant les comptes présentés par M. Stephenson, le kil. de *poids en vie* serait revenu :

Pour le 1er lot, à.....	1 fr.	06 c.
Pour le 2e lot, à.....	0	84
Pour le 3e lot, à.....	0	88

On voit clairement que le lot dont la ration était la plus abondante, celle dans laquelle il entrait le plus de principes azotés, de *viande*, a produit le plus de *poids vivant* dans un temps donné, et que le lot qui a reçu le moins de nourriture a éprouvé une moindre augmentation en chair et en graisse; ces résultats étaient faciles à prévoir. On reconnaît en outre que, proportionnellement à la valeur nutritive consommée, l'accroissement du poids vivant a été plus fort chez les deux lots qui ont perçu le moins de nourriture. Ainsi, nous trouvons que sur le premier lot, le plus abondamment nourri, 100 kilog. de foin ont donné 4k,4 de *poids vivant*, tandis que la même quantité de fourrage en a produit 5,9 et 5,8 sur le second et le troisième alimentés avec le plus de parcimonie ; ce fait s'explique tout naturellement. Passé

une certaine limite, plus un animal reçoit de nourriture, plus est petite la fraction assimilée dans l'organisme. Aussi les nourrisseurs ont-ils reconnu qu'il n'est pas toujours avantageux de pousser les animaux à l'engrais au delà d'un certain point d'obésité; l'excès de poids qu'on obtient à l'aide d'une nourriture en quelque sorte exagérée ne compense plus les dépenses; c'est ce que confirmeraient encore au besoin les expériences de M. Stephenson, car elles conduisent précisément à la même conclusion.

En cherchant l'augmentation réalisée par 100 kil. de poids en vie, pendant l'engraissement, on a :

1er lot.	100 kil. ont gagné en	119 jours,	22,2
2e lot.	id.	id.	22,8
3e lot.	id.	id.	14,1

L'engraissement du bétail à l'étable est rarement fait avec du trèfle, de la luzerne en vert; cependant, avec ce régime, les animaux engraissent avec rapidité. Dans le cas où le vert relâche trop, on donne une fraction de la ration en nourriture sèche. Vers la fin de l'engraissement, on administre ordinairement du tourteau délayé ou des grains concassés, mais ces additions ne sont pas indispensables, elles sont toujours coûteuses, et j'ai vu plusieurs fois des vaches entièrement au trèfle vert à discrétion acquérir un embonpoint remarquable, bien qu'on n'ait pas cessé de les traire.

Dans les pays à pâturages, l'économie du bétail

offre de grands avantages, mais l'engraissement rapide ne peut avoir lieu que dans les herbages les plus fertiles. Telle prairie suffisante pour l'élève ne convient plus autant au bétail fait. Un herbage doit être situé dans un pays bien arrosé ou rarement exposé aux grandes sécheresses, là où le climat n'est pas *excessif*, où la température des étés, comme celle des hivers, reste fixée dans des limites moyennes. Telles sont les conditions dans lesquelles se rencontrent certains pâturages de l'Angleterre ; en France, ceux de la Normandie, de la Bretagne. La Suisse, la Hollande, une partie des provinces baignées par le Rhin, etc., offrent aussi de riches et magnifiques herbages. Dans de semblables situations, la spéculation agricole doit être, et est en effet presque exclusivement tournée vers l'économie du bétail. Aussi, là où il est possible de former de vastes prairies, on commence à comprendre que c'est faire une fausse application de la science agricole que de vouloir y maintenir ou y introduire le système de culture alterne perfectionnée. A mon avis, il n'y a pas de rotation, quelque bien entendue qu'on la suppose, qui puisse soutenir la comparaison, sous le rapport des produits, avec un herbage bien entretenu et favorablement situé. La raison en est facile à saisir, et elle se déduit des principes mêmes que nous avons posés en traitant des assolements. L'objet qu'on se propose dans un bon système de culture, est de faire produire à la terre la plus grande quantité possible de matières organiques dans un temps donné. Mais dans un tel système on est li-

mité par le climat, puisqu'on est obligé de disposer les cultures de telle façon, que les plantes de la rotation parviennent à leur complète maturité ; il arrive donc, quoi qu'on fasse, que la terre reste sans produire ou produit très-peu pendant un certain nombre de jours, vers la fin de l'automne, au commencement du printemps et durant l'hiver. Dans les herbages, la végétation est continue, l'hiver même ne l'interrompt pas complétement ; elle s'anime durant les jours de soleil ; elle commence au printemps lorsque la température moyenne est à quelques degrés au-dessus de 0, et marche sans interruption jusqu'au retour de la saison froide. On peut donc assurer que dans le même temps, un herbage fourni, sur une surface donnée de terrain, plus d'aliments que toute autre espèce de culture. Il est vrai que les fourrages ne sont pas destinés directement à la nourriture de l'homme, mais ils y concourent néanmoins en servant à la production du lait, à l'éléve et à l'engraissement du bétail ; qu'on ajoute à l'avantage d'une végétation pour ainsi dire permanente, celui non moins grand d'une main d'œuvre infiniment moins coûteuse, et par dessus tout cette sécurité d'obtenir une récolte que ne donnent pas toujours les terres arables.

Sur les bords de l'Elbe, en Hollande, dans les environs d'Arnheim, on laisse pâturer dans les prairies pendant une année, et l'on fait faucher l'année suivante, ainsi alternativement. Le bétail est nourri à l'étable avec du foin pendant l'hiver. On le conduit

sur les herbages en mai. Dans les contrées basses, on a reconnu qu'il faut, pour engraisser un grand bœuf, une surface de pré d'environ 83 ares, sur laquelle il pâture pendant cinq à six mois (1). Dans les fonds de première qualité, près de Dusseldorf, on suppose que l'engraissement d'une vache exige 15 ares de pâturage (2).

Dans la vallée de l'Auge, en Normandie (3), les bœufs sont mis directement à l'engraissement sur les prairies désignées sous le nom d'*herbages*. Un herbage demande un sol riche, frais, capable de conserver l'humidité, et par suite de retenir ces dépôts d'eau ou mares qui sont autant d'abreuvoirs. Sous ce rapport, la bonté d'un herbage dépend évidemment de la nature du sous-sol. Le terrain consiste en une épaisse couche d'humus, reposant sur de l'argile ; aussi est-il extrêmement rare que l'humidité vienne à manquer à la végétation du gazon. C'est au printemps, que les *herbagers* vont au *maigre*, c'est à dire que les spéculateurs achètent dans les pays où l'on fait l'élève, les animaux maigres pour les installer dans les pâturages depuis le commencement de mars jusqu'à la fin de mai. Au commencement du printemps, l'herbe est parfois insuffisante ; dans ce cas, le bétail reçoit du foin comme supplément de nourriture, et l'on diminue graduelle-

(1) Thaer, *Principes raisonnés d'agriculture*, t. IV, p. 356.
(2) Moll, *Journal d'agriculture*, t. V, p. 523.
(3) Louis Dubois, *Annales de l'Agriculture française*, t. XXIX, p. 169, 2e série.

ment cette ration supplémentaire, à mesure que le vert croît dans la pâture. Le paccage est dans la plus grande activité au mois de mai, et il est ordinairement terminé à la mi-juin.

En moyenne, dans l'engraissement tel qu'il se pratique dans la vallée de l'Auge, M. Dubois trouve, en prenant les résultats obtenus sur des biens de localités différentes, que la chair nette d'un bœuf maigre étant :

de.....	215 kil.
devient après l'engraissement.....	347
Gain moyen en chair nette par tête.	132

L'engraissement de certains individus est souvent prodigieux ; comme résultat extrême, M. Dubois cite des bœufs cotentins qui ont pesé, gras, 800 kilog.; un d'eux est même parvenu au poids énorme de 1,250 kilog.

La hauteur des bœufs engraissés dans les herbages de l'Auge varie de 1 m., 62 à 1 m., 16 (mesurés sur les hanches). Quand ils sont bien gras,

ils rendent :	250 à	450 kil.	de quartiers.
	32 à	53	de cuir.
	45 à	68	de suif.

On engraisse dans les fonds de :

	ares.	
Première qualité, sur	23,43	un gros bœuf.
Deuxième id.	39,04	un bœuf moyen.
Troisième id.	31,23	un petit bœuf.

M. Dubois porte la nourriture consommée en vert

par un bœuf pendant les huit mois d'engraissement à l'équivalent de 3,000 kil. de foin sec ; c'est du moins ce que produirait la surface d'un pré capable d'assurer l'engraissement d'une pièce de bétail. On trouve ainsi, qu'en moyenne, la ration perçue en fourrage vert équivaut à 12 k., 3 de foin par jour ; cette ration paraîtra faible, et elle le serait en effet si les bœufs ne séjournaient pas aussi longtemps dans les herbages. Au reste, M. Dubois fait remarquer qu'à l'étable, avec un régime composé de 5 à 6 kil. de tourteau de graine de lin et de 12 kil. de foin, un bœuf engraisse suffisamment en soixante et dix jours, en prenant une qualité à peu près égale à celle qu'il acquiert dans les herbages. Ce fait n'a rien de surprenant, car le tourteau a une valeur nutritive très-élevée, et, de plus, il apporte chaque jour environ un demi-kilog. de graisse.

Dans l'Olt-Frise, où les pâturages jouissent d'une grande réputation, les résultats sont comparables à ceux qu'on obtient dans la vallée de l'Auge. Un bœuf de 350 à 450 kil. est poussé à 500 et 750 k. dans un herbage de 25 à 30 ares (1).

Dans l'Auge, l'engraissement s'effectue, même pendant l'hiver, sur des bœufs admis dans les pâturages depuis le 15 septembre jusqu'au 15 novembre. Ces animaux y passent la saison froide, mais chaque tête reçoit par jour de 6 à 12 kilog. de foin, jusqu'en avril, époque où l'herbe devient suffisante pour les

(1) *Journal d'agriculture*, année 1837.

nourrir; ces bœufs sont ordinairement gras et propres à la vente en juillet.

Nul doute que même en hiver il ne se produise de l'herbe dans les prairies. J'ai déjà fait observer que les graminées croissent par une température assez basse, puisqu'elle est seulement de quelques degrés au-dessus de 0. C'est ce qu'on remarque d'ailleurs pour le froment et pour le seigle, durant les hivers peu rigoureux. Sur les plateaux très élevés des Andes, et je puis citer la métairie d'Antisana, on voit des troupeaux pâturer dans des savannes toujours verdoyantes, dont la température moyenne et presque constante, est de 5 à 6 degrés. Les hivers peu rigoureux des pays herbagers s'approchent de cette condition.

Dans les observations de M. Dubois sur l'engraissement dans les herbages de la vallée d'Auge, l'accroissement du poids du bétail est exprimé en *chair nette*. On nomme ainsi la viande de boucherie que l'on peut retirer d'une pièce de bétail; on la désigne aussi par le nom de *quartiers*, parce qu'en découpant les animaux abattus, on les divise ordinairement en quatre. Les parties les plus recherchées comme nourriture sont les quartiers de derrière; ils pèsent un peu moins que ceux de devant, bien que plus l'animal est bien en chair et en graisse, moins la différence est sensible.

On s'est appliqué depuis longtemps à rechercher le rapport qui existe entre le poids d'un animal vivant et la quantité de *chair nette*, ou poids de boucherie,

qu'il donne après l'abattage, c'est-à-dire après qu'on en a ôté la tête, les avant-membres, le suif, la peau et les entrailles. Ces différentes parties composent, par leur réunion, ce qu'on appelle les *issues*. On conçoit que la perfection d'un animal engraissé pour la boucherie réside dans ce que, après son abattage, le poids des parties destinées à la nourriture de l'homme s'approche le plus possible du poids vivant; et l'on devine aisément que le rapport du poids vivant au poids de boucherie doit varier avec l'état d'embonpoint des animaux, leur âge et leur race.

Procter Anderson a trouvé que, pour un bœuf qui n'est pas absolument maigre,

100 de poids vivant donnent....	53,5	de chair nette.
Pour un bœuf un peu plus gras.	55,0	id.
Un bœuf complétement gras...	61,2	id. (1).

M. Layton Coke admet :

Pour un bœuf maigre.....	60,0	id.
Pour un bœuf ordinaire..	65,0	id.
Pour un bœuf gras.....	70,0	id. (2).

D'après un grand nombre d'expériences faites sur des animaux âgés d'environ deux ans, et qui se trouvaient à peu près dans les mêmes conditions, M. Stephenson a pu déterminer avec exactitude le poids de la chair après la mort. Cet éleveur s'arrête aux rapports suivants, pour 100 de l'animal sur pieds :

(1) Thaer, *Principes raisonnés d'agriculture*, t. IV, p. 355.

(2) Quetelet, *Annuaire de l'Observatoire de Bruxelles*, année 1838.

Chair nette.....	57,7
Suif.....	8,0
La peau.....	5,5
Entrailles et dépouilles..	28 (1).

La chair nette et les issues ont aussi été déterminées avec précision sur une vache abattue en présence de M. Mallo. La vache était grasse et de la race de Durham. Son poids vivant 680 kilog. On a obtenu :

	kil.	Pour 100 de poids vivant.
Les deux quartiers de devant pesant.	184,5	55,4
Les deux quartiers de derrière.....	192,5	
Le cuir.....	28,5	4,2
Le suif.....	51,0	7,5
Le sang.....	50,0	7,4
Tête, avant-membres, entrailles, etc...	173,5	25,5
	680,0	100,0

Les rapports des quantités de chair nette, de suif et de la peau se rapprochent assez de ceux admis par M. Stephenson.

Sinclair donne les résultats suivants obtenus par l'abattage d'un bœuf du Devonshire, âgé de trois ans et dix mois :

(1) Stephenson, *Journal d'agriculture*, t. I, p. 74.

Digitized by Google

Poids de l'animal en vie : 704k,4

	kil.	kil.
Viande de boucherie, les quatre quartiers.....	492,5 p. 100 de poids vivant.	70,0
Cuir.....	38,6	5,5
Suif.....	65,1	9,2
Entrailles et sang.....	74,4	10,5
Tête et langue.....	16,7	2,4
Pieds.....	7,8	1,4
Cœur, foie et poumons..	9,3	1,0
	704,4 (1)	100,0

D'après une moyenne décennale prise sur le bétail entré dans les abattoirs de Paris, le poids brut, le poids net et les déchets peuvent s'évaluer ainsi qu'il suit :

	Poids brut. kil.	Poids net. kil.	Déchets pour 100. kil.	Viande nette pour 100. kil.
Bœufs....	645	361	44	56
Vaches...	472	221	53	47
Veaux....	116	69	41	59

Diverses causes font varier ces rapports ; les déchets sont moins considérables dans les animaux de première qualité ; ils augmentent dans les vaches sortant des étables de nourrisseurs, ce qui, souvent, est dû à l'état de gestation ou de plénitude des intestins ; enfin, à certaines époques les bœufs arrivent à l'abattoir mouillés et couverts d'une couche de boue, circonstance qui, nécessairement, tend à accroître les déchets.

Les animaux gras et de qualité supérieure, tels que ceux auxquels on accorde une prime au concours de Poissy, donnent des produits bien différents.

(1) Sinclair, *Agriculture pratique et raisonnée*, t. I, p. 187. Traduction.

Résultats de l'abattage des bœufs primés au concours de Poissy en 1846.

POIDS de l'animal vivant.	POIDS des quatre quartiers.	POUR 100 KIL. de poids vif.	SUIF.	POUR 100 KIL. de poids vif.	CUIR.	AGE ET RACE.
kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	
960	590,5	61,51	78,5	8,18	55,5	Trois ans quatre mois; race Durham-Normande.
852	518,5	60,86	56,0	6,57	53,5	Trois ans un mois; Durham-Cotentine.
809	518,0	64,00	61,0	7,54	51,0	Trois ans onze mois; Charolaise.
958	610,0	63,67	62,5	6,52	58,0	Trois ans un mois; Durham-Cotentine.
804	519,0	64,55	46,0	5,72	53	Trois ans; Durham-Charolaise.
990	635,0	64,14	77,5	7,83	54	Cinq ans; Anglo-Charolaise.
1183	716,0	60,52	96,5	8,16	67,5	Sept ans; Cotentine.
902	591,5	65,58	42,0	4,66	59,5	Cinq ans; Salers.
1014	673,0	66,37	75,0	7,40	61,0	Cinq ans; Salers.
778	505,5	64,97	65,0	8,35	49,5	Deux ans six mois; Cotentine.
761	459,5	60,38	78,0	10,25	49,0	Trois ans cinq mois; Durham-Cotentine.
744	443,0	59,54	51,0	6,85	48,0	Six ans; Durham-Charolaise.
793	537,5	67,62	51,0	6,43	35,0	Neuf ans; Durham.
745	476,5	63,96	66,5	8,93	40,0	Onze ans; Durham.
742	440,5	59,33	87,0	11,72	37,0	Onze ans; Durham.
775	527,0	68,00	38,0	4,90	39,0	Dix ans; Durham.
740	440,0	59,46	86,5	11,69	47,0	Dix-sept ans; Durham.

Le sel provoque l'appétit des animaux, et, en le donnant dans une certaine mesure, on devait croire qu'il favoriserait l'engraissement. C'est ce que j'ai admis : ses effets, cependant, seraient loin de répondre à ce qu'on supposait, du moins si l'on accepte les résultats constatés par MM. Daurier et Dailly. Ces observateurs ont engraissés comparativement des lots de moutons, en donnant aux uns du sel, tandis qu'on en refusait aux autres.

Engraissement des moutons.

Chez M. Dailly, vingt moutons, destinés à être engraissés, ont été divisés en deux lots, auxquels on a donné à discrétion, du regain de luzerne, du foin de basse qualité, de la balle de froment et de la pulpe de pommes de terre, résidu de la fabrication de la fécule. De plus, on a fait consommer de petites quantités de son et de tourteaux de colza.

L'engraissement, commencé le 18 décembre 1846, a été continué pendant quatre-vingt-sept jours. Un des lots, le n° 1, recevait par jour 250 grammes de sel, soit 25 grammes pour chaque tête.

Les aliments consommés ont été :

	Par le lot n. 1 ayant du sel. kil.	Par le n. 2 n'ayant pas de sel. kil.
Regain de luzerne.	500,25	496,25
Foin.....	148,25	144,25
Balle.....	260,50	256,85
Son.....	11,00	11,00
Tourteau.....	8,00	8,00
Pulpe.....	3724,00	3605,60
Sel marin.....	21,75	0,00
Eau bue.....	533 litres.	256 litres.

POIDS DES LOTS.

			kil.
Lot n° 1 (sel).....	Avant	l'engraissement.	480,0
	Après	id.	564,0
	Gain pendant	id.	84,0
Lot n° 2 (pas de sel).	Avant	id.	505,0
	Après	id.	581,5
	Gain pendant	id.	76,5

La différence 8 kil. 50 en faveur du lot qui a reçu du sel est si faible qu'elle peut dépendre uniquement des erreurs de pesées; dans tous les cas, elle est loin de compenser la valeur du sel consommé par le lot n° 1. Aussi, en traduisant les résultats en argent, M. Dailly trouva que le lot n° 1 a produit un bénéfice de 41 fr. 47 c., et le lot n° 2 un bénéfice de 51 fr. 37 c.

A la boucherie, il a été fourni pour 100 :

Par le lot n° 1, chair nette.	48,13	Suif.	5,10
Par le lot n° 2, chair nette.	47,54	Suif.	4,90

On n'a pas remarqué de différence dans la qualité de la viande.

J'ai recherché la quantité de sel contenue dans les divers aliments consommés durant cette observation. Ces fourrages avaient été récoltés dans la ferme de Trappes, près Versailles.

Tableau.

ALIMENTS.	CENDRES dans 100 d'aliments.	CHLORURE de sodium dans 100 de cendres.	SEL MARIN dans 100 kil. d'aliments.
			gr.
Regain de luzerne.....	6,7	2,30	154
Foin.....	6,6	1,64	108
Balle.....	9,3	1,50	140
Son.....	6,4	0,00	»
Tourteau.....	7,1	0,00	»
Pulpes de pommes de terre...	0,9	1,50	14
Dans 100 litres d'eau.....	.....	.....	8

On a pour le sel contenu dans la ration du lot n° 2 :

	Ration par jour.	Sel marin.
	k.	gr.
Regain de luzerne.	5,70	8,78
Foin.....	1,66	1,79
Balle.....	2,95	4,13
Son.....	0,13	0,00
Tourteau.....	0,09	0,00
Pulpe.....	11,44	5,08
Eau bue.....	3 litres.	0,24
Total du sel dans la ration...		20,02

Chaque individu du lot, pesant en moyenne 54 kil. 35, trouvait donc dans sa ration environ 2 grammes de sel marin.

Dans l'expérience de M. Daurier, chacun des lots composés de quatre moutons a consommé en 28 jours :

	kil.
Foin.....	61,5
Tourteau.....	11,5
Pommes de terre....	35,5
Avoine.....	45,25
Farine d'orge.....	0,4
Remoulage (mélange).	1,2
Féverolles.....	17,3

Voici le résultat des pesées :

LOTS.	POIDS initial.	POIDS final.	GAIN en 28 jours.
	kil.	kil	kil.
A. Sans sel.....	186,1	196,2	10,1
B. Sans sel.....	185,9	193,4	7,5
C. Sans sel.....	185,3	192,1	6,8
E. Sel..... 1,kil.176	186,4	196,2	9,8
F. Sel..... 0,kil.706	186,0	190,3	4,3
D. Sel..... 0,kil.224	185,7	196,4	10,7

Résultats de l'abattage des lots :

LOTS.	PEAUX et toisons.	QUARTIERS.	SUIF.	PRESSURE.	ISSUES.
	kil.	kil.	kil	kil.	kil.
A.	21,80	99,50	13,61	8,41	52,88
B.	23,50	92,10	11,57	7,95	68,28
C.	24,10	94,40	13,00	8,95	51,65
E.	21,60	97,00	15,82	8,75	53,03
F.	22,20	94,70	11,89	9,12	52,39
D.	22,40	97,90	14,34	8,12	52,54

Dans cette expérience, comme dans celle faite par M. Dailly, le sel n'a pas occasionné une amélioration sensible dans l'engraissement.

§ 4. Des chevaux.

Dans ce qui va suivre, je me bornerai à considérer le cheval dans ses rapports avec l'industrie agricole; j'exposerai les expériences que j'ai faites sur sa croissance, dans le but de faciliter la résolution d'une question controversée aujourd'hui, celle de savoir si le cultivateur peut réellement employer utilement ses fourrages à l'élève des chevaux.

Le cheval employé aux travaux agricoles doit être persévérant et robuste. Il ne faut s'attacher aux formes extérieures qu'autant qu'elles sont elles-mêmes le caractère des qualités que l'on recherche : ainsi on exige qu'il soit large de croupe et de poitrine, qu'il ait des muscles fortement développés. Un grand cheval, quand d'ailleurs il est exempt de défauts, est généralement préférable; il est plus fort, fait des pas plus allongés. Il ne faut pas exiger du cheval de labour cette vivacité, ce feu qu'on apprécie dans les chevaux de selle, mais bien la gaîté, signe de santé chez les animaux.

Thaer (1) n'approuvait pas l'usage de mêler aux bons chevaux de labour le sang d'étalons, gracieux de forme, mais peu propres à supporter un travail pénible. Bien que cette remarque ne manque pas de vérité, on ne saurait nier cependant que, dans un grand nombre de cas, l'emploi d'étalons bien constitués n'ait amélioré la race rurale de certaines con-

(1) Thaer, *Principes raisonnés d'agriculture*, t. IV, p. 419.

trées. Il ne faut d'ailleurs pas perdre de vue qu'il est important pour le cultivateur de créer une race dont au besoin il puisse se défaire avec avantage, surtout dans les pays où se font les remontes de l'armée. D'après ce que j'ai eu l'occasion d'observer, les produits des poulinières sont souvent améliorés par les étalons provenant des haras. Cette intervention n'a peut-être pas encore fait tout le bien que l'on était en droit d'attendre, mais il y a eu évidemment progrès.

La jument est apte à recevoir l'étalon dès l'âge de trois ans, mais dans les fermes il est prudent de faire saillir vers l'âge de cinq à six ans, du moins si l'on veut l'utiliser en même temps comme bête de travail, et par le même motif il est convenable de n'exiger qu'un poulain tous les deux ans, bien qu'à la rigueur il soit possible de la faire pouliner chaque année, car elle manifeste souvent le désir de l'accouplement onze jours après ; elle porte pendant trois cent trente-trois à trois cent quarante-six jours (1).

Une jument *portière* peut, dans le principe de la gestation, être employée aux travaux ordinaires. Quand la gestation est très-avancée, vers le dixième mois, par exemple, il faut prendre toutes les précautions possibles pour prévenir les accidents. C'est vers cette époque que nous séquestrons les *portières* dans des cellules. Quand elle a pouliné, la jument reçoit à

(1) Tessier, *Annales de l'agriculture française*, t. IX, 2e série.

petites doses, souvent répétées, une boisson tiède, dans laquelle il entre des recoupes. Durant l'allaitement, l'animal prend une nourriture plus substantielle que celle qu'il reçoit ordinairement.

La jument est déjà en état d'exécuter quelques travaux vingt jours après qu'elle a mis bas, mais il est prudent de ne la faire travailler que huit à dix semaines après; alors elle sort accompagnée de son poulain qui est ordinairement allaité pendant environ cent jours. Dans les fermes, les poulains sont assez souvent élevés dans les écuries; c'est ce que nous pratiquons en Alsace; mais il est bon, dans l'intérêt de leur développement, qu'on puisse les faire sortir tous les jours. En quittant le pis, ils sont nourris avec du foin choisi; dans la seconde année, il convient de remplacer une partie du foin par de l'avoine, et, quand la saison le permet, l'usage du trèfle vert ne saurait trop être recommandé.

En Angleterre, dans certaines écuries de Spitsfields, chaque cheval reçoit :

	kil.
Foin haché....	5,0
Paille hachée..	1,0
Avoine.....	5,0
Fèves.....	0,5

Dans la garde municipale de Paris, la ration des chevaux était en 1840 :

	kil.
Foin.....	5,00
Avoine.....	3,60
Paille pour litière et nourriture.	5,00

Les chevaux attelés à de lourdes voitures reçoivent communément :

	kil.
Foin.....	7,50
Avoine.....	7,75

Dans l'Amérique équinoxiale, la nourriture du cheval et du mulet est des plus variées. Je dois à M. Bodmer des renseignements sur le régime auquel sont soumis les chevaux de divers établissements de mines du Mexique.

Le travail du cheval appliqué aux machines d'extraction ou d'épuisement n'est que de quatre heures par jour ; mais pendant ce temps les attelages vont toujours au grand trot. Ils reçoivent comme ration diurne (1) :

	kil.
14 litr.,7 de maïs...	9,26
Paille.....	5,76

Lorsque le cheval ne travaille pas, on lui donne comme ration d'entretien 11 lit., 27 de maïs et de la paille à discrétion.

La ration des chevaux de troupes de l'armée française est :

Pour la cavalerie de réserve :

	kil.
Foin.....	5,00
Avoine.....	3,60
Paille.....	5,00

Pour la cavalerie de ligne :

(1) Je prends 63 kil. pour le poids de l'hectolitre de maïs.

Digitized by Google

	kil.
Foin.....	4,00
Avoine.....	3,40
Paille.....	5,00

Pour la cavalerie légère :

	kil.
Foin.....	4
Avoine.....	3
Paille.....	5

Dans une circonstance ou l'administration de la guerre, était préoccupée des inconvénients qui résultaient pour la santé des chevaux de troupes de fournitures de foin de mauvaise qualité, elle décida, pour les atténuer, de diminuer la proportion de ce fourrage, et d'augmenter celle de l'avoine beaucoup moins favorable à la fraude. Les rations adoptées en vertu de cette décision furent :

Pour la cavalerie de réserve :

	kil.
Foin.....	4,00
Avoine.....	4,20
Paille.....	5,00

Pour la cavalerie de ligne :

	kil.
Foin.....	3
Avoine.....	4
Paille.....	5

Pour la cavalerie légère :

	kil.
Foin.....	3,00
Avoine.....	3,80
Paille.....	5,00 (1).

(1) Documents remis à la commission vétérinaire de l'Admirault, par M. le ministre de la guerre.

La ration du cheval doit être distribuée en trois repas, au matin, avant le travail, au milieu du jour, et le soir; telle est la méthode suivie pour les chevaux de labour; on les abreuve généralement à l'heure des repas. Il est également avantageux à la santé du cheval de le faire travailler avec une certaine régularité. Nos chevaux, rationnés avec une nourriture équivalente à 15 kil. de foin, travaillent de huit à dix heures par jour, en prenant un repos de midi à une heure.

Il existe nécessairement une relation entre la taille, ou, si l'on veut, entre le poids du cheval et la quantité d'aliments qu'il consomme; nous avons recherché cette relation pour le bétail, mais les données manquent pour le cheval, et je suis réduit à présenter les résultats de mes propres observations :

Dix-sept chevaux et juments, âgés de cinq à douze ans, consommant par tête et par jour l'équivalent de 15 kil. de foin, ont pesé 8,272 kilog. Le poids du cheval moyen étant représenté par 486^{k},5, on voit qu'il faut 3^{k},08 de foin de prairies pour l'entretien diurne de 100 kil. de poids vivant des chevaux travaillant huit à dix heures par jour. Ce rapport diffère fort peu de celui que nous avons trouvé pour le bétail.

J'ai cherché à déterminer, pour les chevaux, la rapidité de la croissance. Les faits que je vais présenter ont été recueillis dans notre ferme ; ils se rapportent par conséquent à une race dont le poids moyen est d'environ 500 kil.

En pesant quelques pouliches immédiatement après leur naissance, j'ai obtenu les résultats suivants :

DÉSIGNATION des PIÈCES.	DATE de leur naissance.	POIDS lors de la naissance.	ÉPOQUE du sevrage.	Poids lors du sevrage.	Jours d'allaitement.	Accroissement de poids durant l'allaitement.	Accroissement par jour.
		kil.		kil.	j.	kil.	kil.
Fille de Chevreuil.	25 mai 1842	50,00	20 août 1842	134	87	84,0	0,97
Fille de Hechler...	12 juin 1842	51,50	7 sept. 1842	130	87	78,5	0,90
Fille de Brunette.	12 juin 1842	51,50	7 sept. 1842	181	87	109,5	1,26

On trouve que l'accroissement par jour durant l'allaitement a été, en moyenne, pour les trois cas ci-dessus, de $1^k,04$.

Immédiatement après le sevrage, les poulains subissent un temps d'arrêt dans leur croissance, c'est ce qui arrive d'ailleurs à la plupart des animaux. Je trouve, par exemple, que :

La fille de Chevreuil, le premier jour où le sevrage a commencé, a pesé..... 134 kil.
Et 9 jours après..... 131
Perte en 9 jours..... 3

J'ajouterai aux pesées précédentes celles que j'ai faites sur des chevaux plus avancés en âge, quoique jeunes encore.

Tableau.

DÉSIGNATION.	POIDS lors du sevrage (1).	11 novembre 1843.	AGE lors de cette pesée.		GAIN pendant cette 1re période.	GAIN par jour.	22 mai 1844.	26 septembre 1844.	12 avril 1845.	1er juillet 1850.	AGE lors de cette pesée.			GAIN TOTAL depuis le sevrage.	GAIN par jour.
	kil.	kil.	mois	jours	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	a.	m.	j.	kil.	kil.
Alexandre.....	160	223	8	9	63(1)	0,39	410	469	482	520	3	3	24	360	0,32
Finette (fille de Chevreuil)...	134	180	5	18	46	0,57	410	460	483	470	3	1	2	336	0,32
Fille de Hechler.....	130	163	5	0	33	0,53	395	449	465	500	3	»	15	370	0,36
Fille de Brunette.....	161	195	5	0	34	0,55	438	497	520	548	3	»	15	387	0,38

(1) J'adopte 90 jours pour la durée de l'allaitement.

Ce qu'il est permis de conclure de ces quelques observations, c'est :

1° Que les poulains issus d'individus pesant de 400 à 500 kilog., ont à leur naissance un poids de 51 kil.;

2° Que durant un allaitement de trois mois, le poids des poulains augmente dans le rapport de 100 à 278 ; et que, par jour, cette augmentation est de $1^k,04$ pour chaque individu allaité ;

3° Que le poids acquis chaque jour par les poulains, depuis le sevrage jusqu'à l'âge de six mois, est de $0^k,6$, et que vers la troisième année, cet accroissement diurne paraît descendre à $0^k,51$. Enfin, depuis le sevrage jusqu'à l'âge de trois ans accomplis, époque où le cheval est à peu près formé, l'accroissement diurne est de $0^k,345$. Ces résultats obtenus sur la race chevaline semblent en définitive différer assez peu de ceux que j'ai eu occasion d'exposer, en traitant des bêtes à cornes.

J'ai fait aussi quelques expériences pour déterminer la quantité d'aliments consommés par les poulains en pleine croissance :

Alexandrine, Finette, Hechler, pesant ensemble : 503 k.
Consommaient par jour :

Foin....	9 kil,	= foin...	9
Avoine..	3,20	= id.....	5
		Foin.....	14 k. ; par tête, 4,7.

Le poids moyen d'un des poulains étant 168 kil.,

on voit que le foin consommé par tête a été de 2k,85 pour 100 kil. de poids en vie ; avec cette ration, l'augmentation par jour ayant été de 0 k., 45 par tête. 100 kil. de foin produiraient 7k,34 de poids en vie.

Digitized by Google

CHAPITRE XVII.

DES PORCS.

Considérations générales sur le développement de la graisse dans l'alimentation des animaux.

Il n'est pas d'exploitation rurale sur laquelle on ne trouve un certain nombre de porcs, afin d'utiliser une foule de résidus qui, sans cette destination, iraient directement au fumier. Ainsi la laiterie, le potager, la cuisine apportent leur contingent de nourriture à la porcherie. C'est d'ailleurs un excellent moyen d'employer certains produits des récoltes que celui de les transformer en chair et en lard. Mais l'élève ou l'engraissement spécial du porc exige des soins multipliés, une localité convenable. C'est un genre d'industrie qui, en France du moins, convient peut-être mieux au petit cultivateur, qui compte rarement le prix de son travail personnel.

Les naturalistes ont décrit jusqu'à six espèces de porcs :

1° Le babyroussa ou porc cornu (*sus babyrussa*), caractérisé par deux défenses ou crochets à la mo-

laire antérieure ; dans les îles de la mer du Sud, le porc cornu est en domesticité. 2° Le pecari (*sus tajassus*), qui se distingue surtout des autres espèces par une ouverture aux lombes, de laquelle il suinte d'une glande une matière huileuse d'une odeur désagréable. Le pecari habite les forêts de l'Amérique méridionale. 3° Le sanglier de Guinée (*sus porcus*) se rencontre a l'état sauvage dans le Brésil. 4° Le sanglier d'Afrique (*sus africanus*), dont la chair est très estimée par les naturels de Madagascar. 5° Le sanglier d'Ethiopie (*sus ethiopicus*), qui, en s'accouplant avec le porc domestique, donne des métis capables de se propager. 6° Le porc commun (*sus scrofa*), tirant son origine du porc sauvage ou sanglier. Il diffère des autres espèces par une soie abondante qui recouvre la partie antérieure du dos, et par une queue également garnie de soies. Il possède quatre dents incisives à la machoire antérieure, six à la machoire postérieure et six molaires à chaque côté. Le sanglier se plaît dans les pays chauds ; on le rencontre aussi dans les climats tempérés, mais il devient rare dans les contrées situées au delà du quarante-cinquième degré de latitude (1).

Les races de porcs sont extrêmement variées. Le cochon noir, à poil fin, originaire d'Afrique, est très répandu en Espagne et dans l'Amérique du Sud. Sa croissance est rapide, et s'il n'a pas une grande aptitude à prendre de la graisse, il a l'avantage

(1) Erik Viborg, *Mémoires de la société d'agriculture*, année 1811.

d'être peu exigeant pour sa nourriture. Sa chair devient de qualité très-supérieure quand il a été élevé avec des bananes, et que son engraissement a eu lieu avec du maïs.

Les porcs de l'Est de l'Europe se distinguent à leur ampleur, à leur couleur gris foncé et à la longueur de leurs oreilles. Ceux de la Pologne diffèrent de la race précédente par une couleur plus claire, et par une raie brune marquée sur l'épine du dos. Ce sont ces deux races qui fournissent les porcs généralement destinés à être engraissés. On leur reproche d'être peu fécondes; en effet, les truies font rarement plus de quatre ou cinq gorets.

La Westphalie possède une race de porcs analogues, mais bien plus féconde, puisque les truies donnent des portées de dix à douze petits.

En Bavière, on rencontre des porcs remarquables par la petitesse de leurs os et la facilité avec laquelle ils s'engraissent. Enfin la race chinoise, assez commune en Angleterre, commence à se répandre sur le continent; elle diffère de celles connues par la dépression de l'épine dorsale, par le développement du ventre et par sa disposition au repos. Elle donne des produits très estimés. (1).

L'avantage de l'élève du porc résidant surtout dans la facilité avec laquelle il se multiplie, il est important de se créer une race de truies très fécondes. Il en est qui, à chaque portée, mettent bas dix à quinze

(1) Thaer, *Principes raisonnés d'agriculture*, t. IV, p. 366.

gorets, mais le plus ordinairement la portée est de huit à neuf petits.

Selon Thaer (1), on reconnaît les porcs susceptibles de fournir beaucoup de lard à ce qu'ils ont le corps allongé, le ventre pendant et de grandes oreilles. Le porc accomplit sa croissance vers l'âge d'un an, et avant cet âge il ne faut pas laisser saillir le vérat. Un mâle suffit ordinairement pour dix femelles.

Le porc est peut-être l'animal le moins difficile sur la nature des aliments ; mais il n'est pas indifférent de l'alimenter avec telle ou telle substance, si l'on considère l'influence que les aliments exercent sur la qualité de la chair. Thaer admet que le maïs est la nourriture la plus convenable à la race porcine ; c'est un fait que j'ai eu l'occasion de vérifier en Amérique, et j'ajouterai que rien ne contribue autant à l'engraissement du porc que l'usage des fruits huileux des palmiers.

L'élève du porc se divise en deux époques bien déterminées : le développement et l'engraissement. Or, il est reconnu par les cultivateurs, qu'il est toujours plus avantageux d'engraisser ces animaux, alors qu'ils ont à peu près achevé leur crue. Un porc qui a reçu depuis sa naissance une nourriture substantielle, est en état de prendre de la graisse à l'âge d'un an. La truie manifeste déjà des signes de chaleur à cinq ou six mois, mais il est rare qu'on la

(1) Thaer, *Principes raisonnés d'agriculture*, t. IV, p. 367.

fasse saillir avant qu'elle ait un an. Comme elle porte pendant cent quinze jours, terme moyen (1), on la fait produire deux fois par an. Quand elle est parfaitement nourrie, elle peut donner trois portées en treize ou quatorze mois.

Les porcs destinés à être engraissés sont ordinairement châtrés à l'âge de six semaines, particulièrement s'ils doivent être mis à l'engraissement vers l'âge de huit à neuf mois. L'opération peut être différée jusqu'au sixième mois, si l'engraissement ne doit avoir lieu que dans la deuxième année.

En général, la pomme de terre cuite fait en Europe, la base de l'alimentation. Les grains qu'on associe à cette nourriture sont le plus souvent donnés en farine délayée dans l'eau; c'est un usage établi. Cependant dans l'Amérique espagnole, j'ai toujours vu nourrir les porcs avec des bananes et du maïs en grains.

La truie, après qu'elle a mis bas, reçoit une nourriture d'autant plus abondante qu'elle doit allaiter un plus grand nombre de petits. Par exemple, pour une portée de cinq petits, nous lui donnons par jour, et pendant les cinq semaines que dure l'allaitement :

	kil.
Pommes de terre cuites...	11,250
Seigle en farine.....	1,225
Lait écrémé et caillé.....	6,005

La cinquième semaine écoulée, lorsque la truie n'allaite plus, sa ration se compose de :

(1) Tessier, *Annales de l'agriculture française*, t. IX, 2e série.

	kil.
Pommes de terre cuites...	5,50
Farine de seigle.....	0,49
Lait écrêmé.....	3,05

Cette nourriture est diminuée graduellement jusqu'au deuxième mois qui suit le part, de manière qu'à cette époque la truie se trouve exactement à la ration d'entretien consistant en :

	kil
Pommes de terre cuites. 10 litr. pesant	7,50

La pomme de terre broyée est délayée dans de l'eau de vaisselle et du petit lait.

Les gorets commencent à goûter les aliments donnés à la mère vers l'âge de quinze jours, mais ce n'est que quatre ou cinq semaines après qu'ils sont définitivement sevrés ; jusqu'à cette époque, et alors qu'ils tettent encore, on leur fait boire du lait écrêmé; après le sevrage, ils reçoivent du lait caillé. Nous avons donné à cinq gorets, au moment de leur sevrage, par jour :

	kil.
Pommes de terre cuites.	10,00
Farine de seigle.....	0,49
Lait caillé (écrêmé).....	3,00

Cette ration a été modifiée peu à peu ; on a diminué progressivement le lait caillé et la farine, en augmentant la pomme de terre, de sorte que vers le troisième mois la ration par tête a été portée à 5, ou 6 kil. de tubercules cuits, délayés dans de l'eau *grasse*. C'est à ce régime que les jeunes porcs sont mis jusqu'au moment de leur engraissement.

Nous avons vainement essayé de remplacer les pommes de terre par les tourteaux de colza ou de caméline ; les porcs les ont refusés avec opiniâtreté, ils ont accepté au contraire les tourteaux de pavot et de noix. Ils mangent aussi du tourteau de lin, et, dans la saison du trèfle, il nous est arrivé de les nourrir en partie avec cette plante ; cette alimentation jointe à des bains fréquents, contribue à les maintenir en santé pendant la saison la plus chaude de l'année. Les porcs de cinq à six mois consomment, par jour, environ 9 kil. de trèfle, quantité qui représente 2k,2 de trèfle fané.

Le porc engraisse à tout âge ; mais, comme il n'atteint son entier développement que vers quinze ou dix-huit mois, qu'il est alors suffisamment en chair, on croit que son engraissement ne doit pas avoir lieu beaucoup avant cette époque ; l'autre limite extrême d'âge paraît être cinq ans. On admet qu'il faut douze semaines pour amener un porc à prendre une belle chair et un lard de 3 centimètres d'épaisseur. On compte seize semaines pour obtenir un animal réellement gras, vingt semaines pour obtenir le maximum d'engraissement (1).

Le porc demande à être rationné avec régularité. Après le sevrage, les gorets doivent manger cinq à six fois par jour. On diminue graduellement la fréquence des repas, et vers l'âge de deux mois ils n'en prennent plus que trois.

---

(1) Wolhfart, *Journal d'agriculture*, t. V, p. 257.

J'ai été curieux de déterminer le poids des porcs au moment de leur naissance, afin de constater les progrès de leur développement pendant l'allaitement.

Le 5 septembre, une truie a mis bas cinq gorets :

	kil.
Le n° 1 pesait....	1,000
n° 2.....	1,375
n° 3.....	1,125
n° 4.....	1,250
n° 5.....	1,500
	6,250 ; poids moyen. 1,25

On trouvera réunies dans un tableau les observations que j'ai faites à diverses époques.

NOMBRE du gorets.	POIDS de la portée.	POIDS par tête.	POIDS DES GORETS après 36 jours d'allaitement.	POIDS par tête.	GAIN par tête.	GAIN par jour.	OBSERVATIONS.
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	
5	6,25	1,25	39,50	7,90	6,65	0,18	Race du pays, longues oreilles.
10	12,25	1,23	115,50	11,55	10,32	0,29	Croisée avec les Hampshire.
2	1,50	0,75	12,75	6,37	5,62	0,16	Race du Hampshire.
7	7,88	1,13	71,00	10,14	9,01	0,25	Race croisée.
2	2,00	1,00	23,00	11,50	10,50	0,29	Id.
7	9,00	1,29	75,5	10,79	9,50	0,26	Id.
7	10,05	1,13	»	»	»	»	Id.
5	5,25	1,05	»	»	»	»	Id.
8	8,80	1,10	52,00	6,50	5,40	0,15	Race du pays.
3	3,60	1,20	21,50	7,17	5,97	0,17	Id.
	Moyenne....	1,14		9,71	8,57	0,24	

Dans une autre occasion, j'ai reconnu que :

	kil.		kil.
8 porcs qui pesaient au moment du sevrage.	52;	par tête	6,5
ont pesé à un an.....	600	id.	75,0
Accroissement en 11 mois.....	548	id.	68,5

L'augmentation par jour depuis le sevrage a été de 0k,20.

Baxter a obtenu des résultats intéressants sur l'accroissement et l'engraissement des jeunes porcs. Quatre porcs âgés de neuf mois.

	kil.
ont pesé au commencement de l'expérience.	208,28
21 jours après, leur poids a été trouvé de..	282,22
Accroissement de poids vivant.....	73,84

Pour accomplir cet accroissement, il a été consommé :

	hectol.	kil.
Orge.....	1,09 pesant	68,7
Fèves.....	0,73	64,0
Malt.....	4,00	200,0

Arthur Young (1), en nourrissant des porcs d'un an avec de la farine de pois, a obtenu l'accroissement suivant :

	kil.		kil.	kil.		kil.
Le n° 1 pes. avant	45,0;	35 jours apr.,	71,6;	gain, 26,6;	p. jour,	0,76
Le n° 2	41,7;	42 id.	66,1;	gain, 24,4;	id.	0,58
Le n° 3	39,4;	63 id.	63,4;	gain, 24,0;	id.	0,38

Les observations que j'ai faites sur l'engraissement des porcs trouveront naturellement leur place dans

(1) Arthur Young, *Feuille du cultivateur*, t. I, p. 278.

les considérations générales que je vais développer sur la formation de la graisse dans les animaux.

En s'appuyant sur la pratique des nourrisseurs, on est assez naturellement conduit à penser que les matières sébacées de l'organisme dérivent, en grande partie, des principes analogues aux corps gras qui préexistent dans les aliments végétaux; et, dans cette hypothèse, la quantité de graisse fixée ou sécrétée par un animal, dans un temps donné, serait à très-peu près représentée par les substances solubles dans l'éther et l'alcool, mais insoluble dans l'eau, dont les fourrages sont pourvus. Ces fourrages présentent, en effet, comme nous l'avons reconnu, des proportions de matières grasses, suffisantes pour fournir la graisse que l'on rencontre dans certaines sécrétions. C'est ainsi que, dans le cas le plus général, une vache laitière reçoit dans sa ration une quantité de principes solubles dans l'éther qui représente et au delà, le beurre renfermé dans son lait. L'on sait, d'ailleurs, que l'on favorise singulièrement l'engraissement, en faisant intervenir dans l'alimentation des tourteaux oléagineux, ou mieux encore, des graines ou des fruits riches en huile, comme le lin, le maïs, les baies de palmier; ajoutons que les observations des physiologistes, particulièrement celles de MM. Tiedmann et Gmelin, montrent que les substances grasses des aliments, divisées ou émulsionnées pendant la digestion, passent sans altérations profondes dans le chyle, et, de là, dans le sang, où elles persistent inaltérées durant un certain temps,

restant en quelque sorte à la disposition de l'organisme, pour les besoins de la combustion respiratoire, dans les occurrences où l'animal viendrait à être privé de nourriture. C'est ainsi qu'un individu gras résiste mieux à l'inanition qu'un individu maigre; c'est par la graisse accumulée, que les animaux hyvernants passent, sans manger, dans un engourdissement léthargique, la plus grande partie de la saison froide.

D'un autre côté, on a expliqué la formation de la graisse par une simple modification des principes à composition ternaire, qui entrent habituellement pour une forte proportion, dans la nourriture des herbivores; ainsi, d'après cette manière de voir, l'amidon, le sucre, la gomme, le sucre de lait pourraient se changer en corps gras, en perdant, sous l'influence vitale, une partie de leur oxygène.

Entre ces deux opinions extrêmes, dont l'une voit la graisse toute formée dans les aliments, tandis que l'autre admet qu'elle est élaborée dans le sang et avec les matériaux du sang, vient se placer une opinion plus modérée, qui s'est fortifiée par la connaissance de certains phénomènes de fermentation observés dans ces dernières années, établissant que le sucre, en contact avec des ferments azotés, donne quelquefois naissance à des acides gras, à des huiles. On sait, par exemple, que le sucre produit de l'acide butyrique, lorsqu'il se trouve en présence du caséum en voie de putréfaction; c'est également pendant la fermentation des pommes de terre, des betteraves, des céréales, du marc de raisin, qu'apparaît une huile

que l'on considère aujourd'hui comme l'alcool de l'acide valérianique, acide primitivement découvert par M. Chevreul dans la graisse des cétacés. Il serait donc possible que, dans l'acte de la digestion, le sucre ou ses congénères éprouvassent une fermentation spéciale, donnant des matières grasses qui, une fois formées, seraient absorbées par les chylifères. On le voit, cette opinion mixte se confond, au point de vue physiologique, avec celle qui soutient la préexistence des matières grasses dans la nourriture; car, il importe peu que la graisse assimilable soit ingérée directement, ou qu'elle prenne naissance dans l'appareil digestif, appareil où les aliments sont encore en dehors de l'organisme. S'il en était ainsi, les animaux partageraient avec les végétaux la faculté de créer des corps gras, et cela probablement par des moyens analogues. On voit, en effet, l'amidon et la matière saccharine disparaître graduellement dans les plantes, à mesure que la substance grasse s'accumule dans leurs semences. La sève de certains palmiers est une abondante source de sucre, jusqu'au moment où le fruit devient une source d'huile non moins productive. Je mentionnerai encore, pour compléter ce rapide exposé des idées émises sur la production de la graisse, l'opinion qui attribue aux principes azotés des aliments la propriété de concourir efficacement à la formation du tissu adipeux; c'est cette opinion que j'avais adoptée à l'époque où je fis mes premières recherches sur la valeur nutritive des fourrages, alors que je considérai leur élément azoté comme le plus

nourrissant, le plus important, celui qui suffisait seul au développement de la chair des animaux, à la sécrétion du lait, à l'engraissement. Au reste, aucune des hypothèses que je viens de rappeler, n'est en opposition formelle avec celle qui reconnait, dans les matières grasses bien caractérisées des plantes, l'origine la plus directe, la moins contestable de la graisse accumulée dans les animaux soumis à un régime surabondant.

La question de la production de la graisse pendant l'alimentation, a soulevé une controverse des plus vives; on a beaucoup discuté et très-peu expérimenté. J'ai donc cru faire une chose utile en entreprenant de nouvelles recherches. J'avais eu d'abord le projet de limiter mes observations à l'examen d'un seul point de la question; celui de savoir, s'il est possible d'engraisser des porcs, en les nourrissant uniquement avec des pommes de terre dans lesquelles, on le sait, il n'y a qu'une proportion insignifiante de matières grasses. Il est de toute évidence que, si l'amidon se convertissait en graisse pendant l'acte de la digestion, il y aurait, en général, un avantage décidé à opérer l'engraissement avec les tubercules, puisque la porcherie n'aurait plus à supporter la dépense assez élevée qu'occasionne l'introduction des pois, du seigle, du maïs dans la ration; mais il m'a paru convenable de donner plus d'extension à mes expériences. C'est ainsi que j'ai été conduit à suivre avec une minutieuse attention le développement du porc depuis sa naissance, en tenant un compte exact des

aliments consommés pendant sa croissance et son engraissement. Enfin, j'ai suivi avec le même soin, l'engraissement de quelques oiseaux de la basse-cour. Comme j'ai exécuté ces recherches en me dégageant de toute idée préconçue, je me bornerai, dans ce qui va suivre, à présenter les faits dans l'ordre où ils ont été observés, les livrant ainsi à l'appréciation de chacun.

§ 1. — Porcs mis au régime exclusif des pommes de terre.

Trois jeunes porcs âgés de huit mois, issus de la même mère ont pesé :

	kil.
Le n° 1...	60,55
n° 2...	60,00
n° 3...	59,50

Les numéros 2 et 3 ont été mis au régime exclusif des pommes de terre cuites, délayées dans l'eau additionnée d'une petite quantité de sel marin. Chaque porc a été logé dans une cellule planchéiée, afin de ne pas être obligé de donner de la litière.

Les pommes de terre étaient cuites à la vapeur, écrasées entre deux cylindres, puis délayées dans de l'eau de fontaine. Cette nourriture était donnée à discrétion et distribuée deux fois par jour.

Au moment où les porcs n° 2 et 3 entrèrent en cellules, le porc n° 1 fut tué.

RÉSULTATS DE L'ABATTAGE DU PORC N° 1, PESANT 60 kil.55.

	kil.	
Lard sans la peau	9,47	15k,48
Sain-doux	2,30	
Autre graisse adhérente à l'intérieur	2,84	
Graisse retirée des os par l'ébullition	0,87	
Os dégraissés, bouillis et essuyés	3,87	
Peau avec soies	5,01	
Sang recueilli	2,17	
Viande débarrassée de graisse (viande rouge).	24,03	
Foie, langue, larynx, poumons, filet, bile, cœur.	2,83	
Cervelle	0,12	
Rognons	0,12	
Estomac et intestins vidés et lavés	2,16	
Rate	0,06	
Vessie vide	0,05	
Aliments ingérés, excréments, urine, pertes...	4,60	
	60,55	

Quatre échantillons de pommes de terre ont donné à l'analyse :

A...	0,0021 de principes gras.
B...	0,0015
C...	0,0016
D...	0,0020
Moyenne..	0,0018

On peut donc, sans crainte d'erreur sensible, admettre que 1,000 kilog. de pommes de terre renferment 2 kilog. de matière grasse.

RÉSULTATS OBTENUS AVEC LE PORC N° 2.

	kil.
Au commencement de l'expérience, le porc n° 2 pesait	60,00
Après 93 jours de régime aux pommes de terre, il a pesé	67,24
Augmentation de poids en 93 jours	7,24
Par jour	0,08

Dans les 41 jours qui ont suivi la mise en cellule, ce porc a mangé :

	kil.
Par jour 6 kil. de pommes de terre cuites, soit.....	246
Dans les 32 jours suivants, la ration n'a plus été que de 5 kil., soit.....	260
Pommes de terres cuites consommées en 93 jours....	506

J'ai trouvé, en faisant cuire à la vapeur de fortes quantités de tubercules, qu'en moyenne, 100 kilog. de pommes de terre perdent 7 kil. par la cuisson; par conséquent, 506 kil. de tubercules cuits en représentent 544 kil. crus, renfermant, d'après les essais précédents, 1k,09 de matières grasses. Durant les 93 jours, le porc a rendu 104 kilog. d'excréments humides, renfermant pour 100, d'après plusieurs dessications, 16 k, 6 de substances sèches. L'excrément sec a laissé à l'éther 2,2 pour 100 d'une graisse jaunâtre, très-fusible et de la consistance du suif. Ainsi, en 93 jours, le porc numéro 2 a rendu 16k,6 de substance sèche, dans laquelle il entrait 0k,37 de graisse dont il faudra tenir compte.

RÉSULTATS DE L'ABATTAGE DU PORC N° 2 PESANT 67k,27

	kil.	
Lard sans la peau	11,32	16k,27
Sain-doux	2,32	
Autre graisse adhérente à l'intérieur	1,53	
Graisse retirée des os par l'ébullition	1,10	
Os dégraissés, bouillis et essuyés	4,32	
Peau avec soies	6,82	
Sang recueilli	3,24	
Viande débarrassée de graisse (viande rouge)	26,90	
Foie, langue, larynx, poumons, bile, cœur	2,93	
Cervelle	0,12	
Rognons	0,22	
Estomac et intestins vidés et lavés	2,76	
Rate	0,17	
Vessie vide	0,05	
Aliments ingérés, excréments, urine, pertes	3,47	
	67,37	

Ainsi, il y avait dans le porc n° 2 environ 1 kilog. de graisse de plus qu'il n'en existait dans le porc n° 1 ; à cette graisse il faut encore ajouter celle des excréments rendus.

Les pommes de terre consommées par le porc n° 2 contenaient assez de principes gras pour occasionner ce développement de graisse, si l'on considère surtout que les matières grasses des tubercules ont été dosées après une fusion préalable, et que, pour cette raison, elles ne renfermaient pas d'humidité.

La graisse de porc, tout au contraire, dans l'état où elle a été pesée, n'était pas exempte d'eau ou de matières étrangères ; il convenait donc, pour l'exactitude de la comparaison, de la ramener à la même condition de sécheresse où se trouvait celle des aliments. J'ai, dans ce but, fait fondre 5 kil. des diverses graisses du porc.

PERTES ÉPROUVÉES PAR LA GRAISSE DE PORC PENDANT SA FUSION.

	LARD sans la peau.	SAINDOUX.	GRAISSE adhérente à l'intérieur.	Graisse d'os figée à la surface de l'eau.
	kil.	kil.	kil.	kil.
Poids avant la fonte.....	5,00	5,00	5,00	5,00
Poids après la fonte.....	4,66	4,70	4,56	3,80
Perte due à l'eau vaporisée....	0,34	0,30	0,44	1,20
Poids après l'enlèv. des crotons.	4,20	4,30	4,12	»
Perte due aux crotons.....	0,46	0,40	0,44	»
Perte totale par la fonte.....	0,80	0,70	0,88	1, 2
Perte pour 100.....	16	14	18	24

On peut donc, en prenant la moyenne de la perte éprouvée par les graisses les plus abondantes, porter à 0,16 le déchet occasionné par la fonte, et admettre que 100 de graisse pesée après l'abattage, répondent à 84 de graisse sèche et privée de crotons.

RESUMÉ DE L'EXPÉRIENCE FAITE SUR LE PORC N° 2,

	kil.
Le porc n° 1 pesait 65k,55 et contenait graisse.	15,48
Le porc n° 2 a pesé 67k,27 et a donné graisse..	16,27
Gain probable en graisse.....	0,79
Représentant graisse fondue.....	0,67
Graisse rendue avec les excréments.	0,37
Gain total en graisse fait par le n° 2.	1,04
Dans les 544 k. de pommes de terre consommées, il entrait graisse.....	1,09
Excès de la matière grasse contenue dans la nourriture.....	0,05

RÉSULTATS OBTENUS AVEC LE PORC N° 3.

	kil.
Lors de l'abattage du porc n° 1, le porc n° 3 pesait..	59,50
Après avoir été nourri avec des pommes de terre cuites pendant 205 jours, il a pesé.....	84,00
Augmentation de poids en 205 jours.....	24,50
Par jour.....	0,12

La pomme de terre cuite a été donnée à discrétion. Voici quelles ont été les quantités consommées à diverses époques :

				kil.
Durant les 10 premiers jours,	ration	5 k.,	somme.	50
les 51 jours suivants,	id.	6		306
les 31	id.	7		217
les 65	id.	8		520
les 32	id.	5		160
les 16 derniers jours,	id.	5		80
205 jours.				1,333

Ces 1,333 kil. de tubercules cuits répondent à 1,433 kilog. de pommes de terre crues contenant 2k,87 de matières analogues à la graisse. Pendant les cinq premiers mois, le porc a mangé sa ration avec avidité, mais dans les deux mois suivants l'appétit a diminué, et le poids de l'animal est resté à peu près stationnaire. Les pesées faites à différentes dates, montrent comment s'est effectué l'accroissement du porc pendant ce régime.

Tableau.

	POIDS du porc.	AUGMENTAT. pendant l'intervalle.	AUGMENTAT. diurne.
	kil.	kil.	kil.
Poids initial.....	59,50	»	»
Le 11e jour de la mise en expér.	61	1,50	0,136
Le 22e id.....	63	2,00	0,182
Le 59e id.....	71	8,00	0,216
Le 115e id.....	75	4,00	0,072
Le 130e id.....	77	2,00	0,133
Le 149e id.....	81	4,00	0,210
Le 168e id.....	84	3,00	0,158
Le 190e id.....	85	1,00	0,045
Le 205e id.....	84	1,00	0,067

On voit qu'à partir du 168e jour, l'animal ne faisait plus aucun progrès en croissance, son poids commençait même à baisser, circonstance qui m'a déterminé à mettre fin à l'expérience, malgré tout le désir que j'avais de la prolonger.

Le porc n° 3, sous l'influence de cette nourriture, a émis par jour, en moyenne, 618 grammes d'excréments solides, humides, assez consistants; l'urine n'a pas été recueillie. Trois essais de dessication, faits à diverses époques, ont indiqué 27 pour 100 de matière sèche, qui a cédé à l'éther 3 pour 100 de son poids, de substances grasses, ayant la consistance et les propriétés du suif.

Dans les 205 jours d'observations, le porc a rendu 139 kilog. d'excréments solides humides, devant renfermer, d'après les essais précédents, 37k,53 de matière sèche, dans laquelle il y avait 1k,13 de graisse.

RÉSULTATS DE L'ABATTAGE DU PORC N° 3 PESANT 84k,00

	kil.	
Lard sans la peau	10,00	17,74
Sain-doux	3,50	
Autre graisse adhérente à l'intérieur	2,99	
Graisse retirée des os par l'ébullition	1,25	
Os dégraissés, bouillis et essuyés	5,50	
Peau avec soies	7,56	
Sang recueilli	2,60	
Viande débarrassée de graisse (viande rouge)	36,50	
Foie, langue, larynx, poumons, filet, bile, cœur		
Cervelle		
Rognons		
Estomac et intestins vidés	14,10	
Rate		
Vessie vidée		
Aliments ingérés, excréments, urine, pertes		
	84,00	

RÉSUMÉ DE L'EXPÉRIENCE FAITE SUR LE PORC N° 3.

	kil.
Le porc n° 1 pesait 60k,55 et contenait graisse	15,48
Le porc n° 3 a pesé 84k,00 et a donné graisse	17,74
Gain probable en graisse	2,26
Représentant graisse fondue	1,90
Graisse rendue avec les excréments	1,12
Gain total en graisse fait par le n° 3	3,02
Dans les 1433 kil. de pommes de terre consommées, il entrait graisse	2,87
Différence	0,15

Ces deux observations tendent à établir que l'engraissement du porc ne saurait être réalisé par l'usage des pommes de terre seulement; et il est assez curieux de voir que, dans les deux cas, la graisse acquise par l'animal est presqu'exactement représentée par la matière grasse qui faisait partie de la nourriture. Au

reste, le peu d'efficacité de la pomme de terre dans l'engraissement du porc, a déjà été constaté par plusieurs observateurs. En effet, Schwertz reconnaît qu'avec les pommes de terre seules, on peut bien produire de la chair, c'est ce que j'ai constaté dans l'alimentation du porc n° 3, où la chair acquise s'est élevée à 12 kil. 1/2 ; mais il admet aussi qu'avec un semblable régime, on ne détermine pas l'engraissement. Voici, au reste, comment Schwertz a formulé son opinion :

« Avec les pommes de terre seules on ne peut que « mettre les porcs bien en chair, mais non en pleine « graisse, ainsi que je m'en suis assuré par des expé- « riences comparatives longtemps suivies. C'est aussi « ce qu'a reconnu un observateur anglais, M. Roberts. « Dans l'engraissement des porcs, dit-il, je suis ar- « rivé à des mécomptes dans l'emploi de la pomme « de terre cuite ; dans le commencement, les porcs « se chargent sensiblement de chair, mais leur déve- « loppement s'arrête bientôt, quoiqu'ils continuent de « manger avec le même appetit. »

Les observations pratiques, comme les deux expériences que j'ai rapportées, semblent donc prouver que la pomme de terre ne développe pas sensiblement de graisse chez les porcs qui la consomment exclusivement. Cependant, comme il est constant que ce tubercule entre assez généralement pour une très forte proportion dans le régime de la porcherie, et que, dans le cas particulier, les trois porcs avaient reçu depuis leur sevrage une nourriture mixte, ayant

réellement pour base la pomme de terre, il convient d'examiner si l'alimentation, à laquelle ils ont été soumis avant le commencement des expériences, était de nature à porter dans leur organisme la graisse qui s'y trouvait accumulée ; car, par l'abattage du n° 1, on avait reconnu que ces porcs, âgés de huit mois, contenaient déjà 13 à 15 kilog. de graisse, dont l'hypothèse, qui considère l'engraissement comme un simple fait d'assimilation, aurait à justifier l'origine.

Les porcs mis en expérience, avaient été élevés avec le régime ordinaire de la porcherie, et je suis en mesure de donner avec exactitude, les quantités d'aliments consommés par chaque tête depuis le moment du sevrage jusqu'à l'accomplissement du huitième mois.

Jusqu'à l'âge de 5 à 6 semaines, époque du sevrage, un goret a bu, indépendamment du lait de la mère, environ 20 litres de lait de vache écrêmé, ne contenant plus, d'après l'analyse, que 0, 015 de beurre. Dans les trois mois (91 jours) qui ont suivi le sevrage, chaque jeune porc a reçu :

	kil.	En moyenne par jour. kil.	Au commencement. kil.	A la fin. kil.
Pommes de terre cuites.	227,50	2,50	1,45	3,55
Farine de seigle.....	4,55	0,05		
Lait écrêmé (caillé)....	27,30	0,30		
Eau grasse.....	364,00	4,08		

Durant les cent onze jours qui ont succédé à cette seconde période de l'alimentation, le lait et la farine

ont été supprimés ; mais on a augmenté progressivement les pommes de terre et l'eau grasse, de telle mode que, dans le huitième mois, le porc recevait 4 kilog. de tubercules et 10 litres d'eau grasse.

On doit dès lors, considérer la ration moyenne de cette troisième période comme formée de :

	kil.		kil.
Pommes de terre	3,78	pour 111 jours.	420
Eau grasse.....	7,00		777

Ainsi, dans les huit mois, chacun des porcs a consommé les aliments qui viennent d'être mentionnés, savoir :

	kil.
Lait écrémé.....	47,30
Farine de seigle.....	4,55
Pommes de terre....	647,25
Eau grasse.....	1141,00

Je désigne sous le nom *d'eau grasse*, les résidus de la cuisine et de la laiterie portés à la porcherie ; ces résidus comprennent le petit lait, le lait de beurre, les eaux de vaisselle et les restes de table provenant d'un personnel d'environ trente bouches nourries dans l'établissement. On ne fait pas entrer la totalité des eaux de vaisselle dans la nourriture des porcs, mais seulement la partie supérieure et la partie inférieure où se rassemblent, par ordre de densité, la graisse et les débris d'aliments. Ces résidus sont réunis en une cuve où le porcher puise à mesure des besoins, en ayant soin d'agiter préalablement le liquide, afin d'avoir un peu de tout. C'est en usant

de la même précaution, que j'ai pris, à des époques assez éloignées l'une de l'autre, les échantillons d'essais.

Un litre de cette eau, soit à peu près 1 kilog., laisse 47 gr. 3 de résidu sec, contenant :

	gr.
Caséum.....	8,9
Beurre et graisse.	4,0
Sucre de lait, etc.	28,1
Sels.....	6,3
	47,3

Je puis donc établir maintenant, avec une exactitude bien suffisante pour ce genre de recherches, qu'un porc de huit mois, avant d'être mis en expérience, avait reçu depuis sa naissance les quantités de graisse suivantes :

			kil.
Dans les	47k	de lait écrêmé, graisse.	0,71
	4,55	de seigle.....	0,16
	656,0	de pommes de terre...	1,31
	1141,0	d'eau grasse.....	4,56
Graisse reçue en 8 mois avec les aliments.			6,74

On voit que cette quantité de graisse est bien loin de répondre à celle que nous avons trouvée dans les porcs âgés de huit mois, et qu'on ne pense pas que le goret amène en naissant, une proportion de graisse assez forte pour combler ce déficit : d'abord, le poids moyen des gorets à leur naissance, dépasse rarement un kilogramme ; de plus, ils sont généralement d'une maigreur remarquable ; ainsi j'ai trouvé dans un goret nouveau-né du poids de 650 grammes :

	gr.
Peau sans lard	119,0
Os bouillis et essuyés (1)	110,2
Chair sans graisse apparente	275,2
Graisse des os	000,0
Sang	15,0
Les deux reins	5,5
Vésicule du fiel	0,2
Foie	12,8
Langue et larynx	12,8
Cœur	6,2
Poumons	9,5
Rate	1,0
Estomac vide	5,4
Intestins, vessie vides	36,5
Cervelle	29,0
Matière contenue dans les intestins, pertes.	11,7
	650,0

La graisse contenue dans le goret au moment de la naissance, étant tout à fait négligeable, on trouve, en résumé, que celle du porc de huit mois étant représentée par 15,48 kil., celle des aliments par 6,74 kil., il y en a (2) 8,74 kil. qui ont évidemment une toute autre origine que les matières grasses comprises dans la nourriture. Mais il me paraît aussi de la dernière évidence, si l'on accorde quelque confiance aux deux expériences que j'ai rapportées, que la

(1) Ces os, desséchés dans une étuve chauffée à 40°, ont pesé 48 gr.,25.

(2) A ce nombre il faudrait encore ajouter la graisse éliminée par les excréments; mais, d'un autre côté, il faudrait, par des raisons énoncées plus haut, réduire les 15k,48 à 13k. Je néglige ici ces corrections qui ne sont d'aucune importance dans la discussion actuelle.

pomme de terre donnée seule, c'est-à-dire sans lait écrémé, sans eau grasse, n'a pas la propriété de développer de la graisse chez les porcs qui la consomment, et on serait ainsi conduit à refuser à l'amidon la faculté de se transformer en corps gras, sous l'influence de l'action vitale.

Toutefois, avant d'adopter une semblable conclusion, il convient d'examiner en quoi la ration alimentaire reçue dans les premiers huit mois, diffère du régime exclusif des pommes de terre auquel les porcs ont été soumis. Il faut particulièrement rechercher si les tubercules donnés seuls constituaient bien réellement une nourriture convenable; car, il ne suffit pas toujours qu'un animal mange à discrétion une substance alimentaire, pour qu'il soit surabondamment nourri; il faut, en outre, que la quantité de nourriture ingérée dans un temps donné, renferme les principes nécessaires au développement de l'organisme, à l'engraissement ou à la lactation. C'est ainsi qu'un aliment qui, par sa composition, serait propre à satisfaire à toutes les exigences de la nutrition, pourrait bien quelquefois, en raison du trop grand volume de son équivalent nutritif, ne pas produire à beaucoup près, les effets qu'on serait en droit d'en attendre, dans le cas, par exemple, où il serait pris par des animaux ayant un estomac d'une capacité très-limitée. Cet aliment volumineux, bien que donné à discrétion, se bornerait, malgré ses propriétés nourrissantes, à entretenir la vie, peut-être à produire de la chair, sans pouvoir concourir à l'engraissement qui exige tou-

jours une alimentation surabondante. On sait, par les observations de M. Letellier, que la graisse elle-même ne concourt pas à l'augmentation du tissu adipeux, quand on l'administre isolément, et qu'un corps gras ne devient réellement alimentaire qu'autant qu'il est associé à une certaine quantité de matière azotée. Si l'amidon et le sucre se métamorphosent en graisse après leur ingestion, cette graisse, pour se fixer dans l'organisme, pour produire l'engraissement, exigera également la présence, j'ai presque dit le contact, d'un corps à composition quaternaire, comme l'albumine, la caséine, la légumine. Si donc, la proportion de principe azoté contenue dans la pomme de terre, était insuffisante pour permettre la fixation de la matière grasse, l'engraissement ne se réaliserait pas, sans que pour cela on fût en droit de conclure que l'amidon est impropre à faire de la graisse. Enfin, ce n'est qu'après avoir scrupuleusement comparé le régime alimentaire qui a fait naître de la graisse et de la chair chez le porc, au régime qui n'a produit que de la chair, qu'on pourra se former une opinion rationnelle sur l'intervention de la fécule amylacée dans les phénomènes de l'engraissement ou de la lactation.

Régime aux pommes de terre.

La pomme de terre est composée de :

	kil.
Eau	75,9
Albumine	2,3
Matières grasses	0,2

Ligneux, cellulose.....	0,4
Substances salines.....	1,0
Amidon et corps analogues,	20,2
	100,0

La totalité des principes mentionnés ci-dessus, ne concourent pas à la nutrition ; le ligneux doit être considéré comme inerte.

Le porc n° 3 a consommé dans les 205 jours de régime 1,433 kilog. de pommes de terre ; la ration diurne a donc été de 7 kil. à très-peu près ; chaque jour, par conséquent, ce porc recevait dans sa nourriture :

	gr.
Albumine.....	161
Matières grasses.....	14
Amidon et corps analogues.	1414
Matières salines.....	70
	1659

Ou, en ne considérant, d'après l'analyse, que la substance élémentaire des principes utiles à l'alimentation :

	gr.
Carbone.....	730,1
Hydrogène.....	96,1
Oxygène.....	740,1
Azote.....	25,3
Sels.....	67,5
	1659,1

J'ai déjà établi que la ration alimentaire d'un animal adulte, pour être complète, doit apporter une quantité de principes azotés suffisante pour réparer les pertes des principes également azotés

éliminés par l'organisme. Pour un animal jeune, il faut, en outre, que ces principes azotés soient assez abondants pour fournir à l'accroissement de poids; enfin, il est nécessaire que le carbone des matières digestives contenues dans la nourriture soit en telle proportion, qu'il puisse, non-seulement concourir à la production des principes éliminés ou fixés, mais encore entretenir, conjointement avec l'hydrogène, la combustion respiratoire, source essentielle, peut-être unique de la chaleur animale.

Nous avons établi précédemment qu'un porc de huit mois et demi, pesant 60 kil., brûle chaque jour, en respirant, 661,3 grammes de carbone, en même temps qu'il émet 4,4 gram. d'azote. En retranchant des déjections rendues par l'animal le carbone appartenant au ligneux indigestible des pommes de terre, on peut admettre 52,8 gram. de carbone et 16,1 gram. d'azote comme faisant partie des sécrétions bilieuses et urinaires, en supposant toutefois que les déjections ne renferment pas d'aliments non digérés. On arrive à cette conclusion, qu'un porc de 60 kil. exige au moins, dans son régime diurne alimentaire :

	gr.
Carbone.	713,8
Azote...	20,5

Ce sont là les éléments, bases de la graisse et de la chair, qui ne sauraient cependant s'assimiler, se fixer dans l'organisme, parce qu'étant nécessaires à l'exercice de certaines fonctions vitales, ces éléments sont

brûlés ou expulsés. Ces données sont entièrement applicables à la discussion de l'alimentation du porc n° 3, qui consommait par jour 7 kil. de pommes de terre, contenant 730 gram. de carbone dans les matières digestives; ainsi, au fait de la non production de la graisse sous l'influence de ce régime, on peut répondre que l'alimentation était réellement insuffisante; puisqu'après avoir fait la part des éléments indispensables aux fonctions vitales les plus importantes, il ne restait de disponible, pour former de la chair, de la graisse, que 16 gram. de carbone, et qu'il n'est nullement surprenant que, vu la période de croissance dans laquelle se trouvait l'animal, ce carbone ait concouru à la formation de la chair; cela d'autant mieux, que l'augmentation diurne du poids vivant a semblé indiquer que l'assimilation s'est particulièrement exercée sur l'albumine de la nourriture, et que c'est principalement le carbone de la fécule qui a été consommé par la respiration. Un argument en faveur de cette opinion, c'est celui que l'on tire du ralentissement de la croissance du porc à mesure qu'il avançait en âge. Ainsi, vers la fin de l'observation, l'augmentation était d'une grande lenteur; à partir de l'âge d'un an, le poids est resté à peu près stationnaire : c'est qu'alors, dira-t-on, l'animal brûlait plus de carbone pour entretenir sa respiration, et que, conséquemment, l'insuffisance de la ration est devenue plus prononcée. Tout en reconnaissant que le porc, parvenu à l'âge de treize mois et au poids de 81 kil., doit, en respirant, émettre plus

d'acide carbonique qu'il n'en émet alors qu'il est âgé de huit mois et demi et qu'il pèse 60 kil. ; il convient aussi de considérer que le ralentissement observé dans la croissance peut, avec plus de raison, être attribué à ce que l'animal approchait du terme de son développement. On sait qu'un porc bien nourri est, à l'âge d'un an, près du point que l'on pourrait appeler son complet développement ; sa croissance, bien qu'elle ne soit pas arrivée à sa dernière limite, ne s'effectue plus qu'avec lenteur, et pour l'accélérer, pour faire qu'en quelques mois l'animal acquiert le poids qu'il n'acquerrait que beaucoup plus tard, en continuant à recevoir la ration ordinaire, il lui faut une nourriture surabondante, substantielle, telle que celle qu'on lui administre dans le régime de l'engraissement. On pourrait donc dire, en retournant l'argument que j'ai fait valoir, que le porc étant suffisamment bien en chair, devait alors assimiler à l'état de graisse les éléments de la fécule qui passaient à l'état de viande durant la période de son développement rapide, car il ne faut pas oublier que le porc est un animal doué plus que tout autre de la faculté d'engraisser à tout âge, lorsqu'il reçoit une alimentation convenable, et mieux que tout autre aussi le porc transforme en tissu adipeux, lorsqu'il approche du terme de sa croissance, la nourriture jusque là employée à former le système musculaire.

Régime mixte.

Sous l'influence de l'alimentation qui a précédé le régime exclusif aux pommes de terre, les trois porcs ont augmenté de poids ainsi qu'il suit :

ÉPOQUE DES PESÉES.	POIDS des porcs.	POIDS par tête.	GAIN pendant l'intervalle.	GAIN par jour.	AGE des porcs.	NATURE DES ALIMENTS.
	kil.	kil.	kil.	kil.		
Naissance.	3,70	1,23				Allaitement; lait écrémé de vache.
			6,80	0,15		
45 j. après.	24,10	8,03			6 sem.	
			17,57	0,23		Pommes de terre, lait caillé, seigle, eau grasse.
77 j. après.	76,80	25,60			4 mois.	
			6,60	0,22		
30 j. après.	96,60	32,20			5 mois.	
			27,82	0,28		Pommes de terre, eau grasse.
110 j. apr.	180,06	60,02			8 mois.	

J'ai démontré que, durant cette période de rapide croissance, la graisse fixée excéda de beaucoup celle des aliments. Un porc arrivé à l'âge de cinq mois, pesant 32,2 kil., alors qu'il augmentait de 220 gram. toutes les vingt-quatre heures, recevait 3,6 kil. de pommes de terre cuites, équivalents à 3,9 kil. de pommes de terre crues, et de plus, 4 kil. 1 d'eau grasse. L'analyse a montré que le porc de cinq mois, nourri avec ce régime mixte, brûle par jour 351 gram. de carbone en exhalant 3 gram. d'azote, c'est-à-dire à peu près la moitié de ce que dépense le porc de huit mois et demi.

C'est ce régime, producteur de chair et de graisse

qu'il faut comparer à la nourriture exclusive, qui paraît n'avoir produit que de la chair.

En réduisant en principes élémentaires les substances renfermées dans l'eau grasse, on a pour la composition de 100 parties de résidu sec.

	Carbone.	Hydrog.	Oxygène.	Azote.	Sels.
Les 4k,1 d'eau grasse contenaient en résidu 194gr dans lesquels il entrait.	78,6	12,2	71,6	5,8	25,8
Dans 3k,9 de pommes de terre, ligneux déduit..	406,5	53,5	413,0	14,0	37,0
Principes digestibles de la ration.....	485,1	65,7	484,6	19,8	62,8

En rapportant le carbone brûlé à 100 kil. de poids vivant, on a, pour le porc de 32 kil., carbone consommé, 1090 ; pour le porc de 60 kil., 1102.

Ceci admis, considérons la somme des principes élémentaires dans chacune des deux rations débarrassées de la matière inerte qui échappe à la digestion, du ligneux, en prenant pour le n° 3 le poids moyen, 72 k., compris entre le poids initial, 59 k.5, et le poids final, 84 kil.

Tableau.

	Nourrit. sèche.	Carbone.	Hydrog.	Oxygène.	Azote.	Sels.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Le porc de 72 kil. recevait dans 7 kil. de pommes de terre.....	1659	730	96	740	25	68
Le porc de 32 k, 2.....	1118	485	65	484	20	64
En rapport à 100 k. de poids viv.	**Matière sèche**	**Carbone.**	**Hydrog.**	**Oxygène.**	**Azote.**	**Sels.**
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Le porc qui n'a produit que de la chair recevait.....	2304	1014	133	1028	33	94
Le porc qui a prod. chair et graisse	3472	1506	204	1505	62	195

Les deux rations envisagées au point de vue de leurs principes immédiats contenaient :

	Albumin. caseum.	AMIDON, sucre de lait.	Matières grasses.	Sels.	SOMMES des principes digestibles.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
La ration du porc de 32k,2.....	127	903	24	64	1118
La ration du porc de 72 kil.....	162	1415	14	68	1659
Pour 100 kil. de poids vivant, la ration faisant chair et graisse devient.....	594	2804	75	199	3472
La ration faisant de la chair sans graisse.....	223	1966	19	94	2304
Différence en plus dans la ration engraissante.....	169	838	56	105	1168

Dans la ration produisant à la fois de la graisse et de la chair, il y a quatre fois plus de matières grasses qu'il ne s'en trouve dans la ration qui ne fait que de la chair, nul doute que cette graisse n'aide puissamment au développement du tissu adipeux. Toutes proportions gardées, un porc de 100 kil., qui consommerait des pommes de terre délayées dans de l'eau grasse, assimilerait par jour 170 gr. de graisse.

Or, on voit que dans la ration il en existe déjà 75 gr. Les 95 gr. de graisse excédente dériveraient évidemment du principe ternaire, amidon ou sucre de lait, ou bien, ce qui est plus vraisemblable, des matières azotées, car on doit remarquer que la ration engraissante renferme la plus forte proportion de caseum ou d'albumine.

Engraissement des porcs.

En discutant dans la première édition de cet ouvrage deux engraissements réalisés à Bechelbronn, en 1841 et 1842, j'ai dit que les résultats obtenus étaient en contradiction manifeste avec l'hypothèse de l'assimilation directe de la graisse des aliments; mais il y avait alors sur la composition de la nourriture une cause indéterminée qui ne permettait pas de tirer une conclusion définitive. En effet, les eaux grasses, dont il entre une si forte proportion dans l'alimentation, n'avaient point encore été examinées.

Depuis l'examen attentif que j'ai fait de ces eaux, j'ai été à même de comparer avec exactitude la graisse comprise dans la ration, à la graisse produite durant un engraissement que j'ai exécuté en 1844.

Le lot sur lequel j'ai opéré se composait de 9 pièces âgées de 8 mois à un an, dont le poids variait de 60 à 76 kil. Ces porcs avaient été mis en chair au moyen de la pomme de terre délayée dans l'eau grasse. L'engraissement a commencé à peu près à la même époque que le porc n° 1 a été abattu. Ce porc, qui se trouvait dans la condition voulue

pour être engraissé, pesait, comme nous l'avons vu, 60 kil. 55 ; il a rendu 15 kil. 48 *de gras* : soit, 25,6 p. 100. Le porc n° 2 pesait, après avoir été mis au régime des pommes de terre à discrétion, 67 kil. 27, on en a retiré 16,2 kil. de gras : soit, 24, 4 pour 100. Enfin, un autre porc pesant 91 kil. a donné 24,5 de gras : soit, 26, 9 p. 100. Il est question ici de porcs, dont le lard net avait été pesé après avoir été détaché de la peau. Ainsi je crois qu'on peut admettre que les porcs, toujours bien en chair que nous engraissons, contiennent de 25 à 26 p. 100 de gras. Voici le poids des porcs avant et après l'engraissement :

NUMEROS D'ORDRE....	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10	11	12	SOMMES
	k.	k.	k.	k.	k.	k.	k.	k	k.	kil.
Poids avant l'engraissement.	76	73	60	63	65	64	57	62	65	587
Après l'engraissement.....	115	119	112	120	104	105	120	94	111	1000
Gain pendant l'engraissem.	39	44	32	57	39	41	63	32	47	413

L'engraissement a duré 98 jours, pendant lesquels il a été consommé :

		MATIÈRES GRASSES.	
		dans 1	dans les aliments.
	kil.		kil.
Pommes de terre.....	4300	0,002	8,60
Seigle moulu.....	394	0,020	7,88
Farine de seigle bluttée.	284	0,035	9,94
Pois crus.....	296	0,020	5,92
Eau grasse.....	8820	0,004	35,28
Matières grasses dans les aliments.			67,62

Pour juger de la graisse et de la chair contenues

dans les porcs engraissés, on a pesé les diverses parties du n° 12.

	kil.	
Lard sans la peau	20,50	30,31
Saindoux	4,63	
Graisse adhérente à l'intérieur	3,61	
Graisse retirée des os après l'ébullition	1,57	
Os dégraissés, bouillis et essuyés	6,91	
Peau avec soies	10,38	
Sang recueilli	3,24	
Viande débarrassée de graisse (viande rouge)	46,02	
Larynx	1,50	
Cœur	0,50	
Cervelle	0,15	
Poumons	0,75	
Foie	1,50	
Rate	0,25	
Estomac et intestins vides	4,68	
Ris	0,19	
Reins	0,38	
Vesicule du fiel	0,03	
Vessie vide	0,09	
Urine et déjections	2,62	
Pertes	1,50	
	111,00	

	kil.	
Le gras des porcs engraissés s'élève comme on voit à	27,30	pour 100
Les 1,000 k. de porcs engraissés contenaient gras	273,0	
Les 587 k. de porc avant l'engraissement renfermaient gras (1)	150,1	
Graisse développée pendant l'engraissement	122,9	
Ces 112k,9 se réduiraient par la fonte à	103,2	
Les aliments contenaient graisse	67,6	
Graisse excédant la graisse des aliments	34,6	

(1) Prenant pour le porc avant l'engraissement la graisse égale à 25,57, telle qu'elle a été donnée par le n° 1.

A cette quantité il faut joindre la graisse des déjections, je n'ai pu la doser avec précision, mais j'ai reconnu qu'un porc à l'engrais rend par jour environ 306 gr. d'excréments solides, secs, dont l'éther retire 0,032 gr. de matières grasses. En quatre-vingt-dix-huit jours, les neuf porcs ont dû en rendre 270 kil., dans lesquels il y avait 8 à 9 kil. de ces matières, de sorte que la graisse formée dans l'engraissement, c'est-à-dire la graisse qui excède celle des aliments consommés, peut être portée à 43 kilogr. On voit ainsi que les résultats de l'engraissement des porcs sont défavorables à l'opinion de l'assimilation directe de la graisse dans les animaux.

C'est une chose fort remarquable que le peu de différence qui existe dans le *gras* proportionnel d'un porc encore jeune, avant et après l'engraissement. Généralement on est disposé à considérer l'augmentation de poids réalisé comme uniquement dû à de la graisse ; rien n'est moins vrai cependant, car à ce compte, un jeune porc de 60 kil. en doublant son poids prendrait 60 kil. de graisse, et une fois engraissé, il contiendrait plus de 50 p. 100 de *gras ;* ce n'est certainement pas le cas; il est déjà rare de pousser un porc jusqu'à lui donner 35 p. 100 de graisse. Dans l'engraissement des porcs qui n'ont pas encore atteint leur développement, il se produit au moins autant de chair que de graisse. C'est une croissance extraordinaire qu'on imprime à un animal glouton au moyen d'une alimentation surabondante. Cette surabondance de nourriture permet au porc de

se développer dans un temps beaucoup moindre que celui qui est nécessaire, dans le cas où on lui donne une nourriture moins succulente ; quant à la production de la chair, elle n'est pas douteuse ; il suffit pour s'en convaincre de comparer la composition du porc avant et après l'engraissement, en transformant en centièmes, les résultats obtenus avec le n° 1 et le n° 12.

	AVANT l'engraissement.	APRÈS l'engraissement.
Peau avec soie	8,27	9,35
Os dégraissés	6,91	6,23
Graisses diverses	25,57	27,30
Viande rouge	39,69	41,46
Sang recueilli	3,58	3,82
Estomac et intestins vidés	3,57	4,22
Organes, etc	12,41	7,62
	100,00	100,00

Si nous recherchons maintenant, à l'aide de ces nombres, la chair produite dans l'engraissement, nous trouvons :

TABLEAU

	Peau.	Os.	Graisse.	Chair.	Sang.	Estomac intestins.
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
Dans 587 k. de porcs à engrais.	49	40	150	233	21	21
— 1000 k. de porcs engraissés.	94	62	273	415	38	42
Gain pendant l'engraissement...	45	22	123	182	17	21

	kil.
Le poids moyen du porc étant avant l'engraissement.	63,2
— — après l'engraissement.	111,1
L'accroissement du poids en 98 jours a été de.....	43,9
Par jour.....	0,468

C'est-à-dire plus du double de l'augmentation constatée lors de la première croissance du porc soumis au régime normal. Ainsi, chaque jour, par l'effet du régime surabondant, le porc a fixé dans son organisme 139 gr. de graisse. Il devient dès lors très-intéressant de comparer la ration surabondante qui produit un développement aussi considérable de chair et de graisse à la ration normale.

La ration d'engraissement déduite de la totalité des aliments consommés, et qui se rapporte par conséquent au porc moyen du poids de 88 kil., a été par jour :

Tableau.

NATURE DES ALIMENTS.	POIDS.	Albumine, legumine, caséum.	Amidon, sucre de lait	Matières grasses.	Matières salines.	SOMMES des principes digestibles
	kil.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Pommes de terre.....	4,87	11,3	984	9	48	1154
Seigle moulu.....	0,45	5,6	293	9	11	369
Farine de seigle.....	0,82	5,0	218	11	6	285
Pois.....	0,34	8,5	193	7	11	296
Eau grasse (résidu).....	0,47	8,8	280	40	62	470
		592	1968	76	138	2574
Ramen. à 100 de poids viv.		446	2336	86	157	2925
La ration normale est.....		394	2804	75	190	3472

Un fait assez surprenant c'est que la ration surabondante du régime de l'engraissement contient pondéralement moins d'éléments digestibles que n'en renferme la ration normale. Avec cette ration, 100 kil. de poids vivant reçoivent par jour un demi kilogramme d'amidon de moins, en même temps qu'ils ont en plus 52 gr. de principes albuminoïdes. Les principes azotés semblent être en proportion plus forte, relativement à l'amidon, au sucre de lait, dans les régimes favorables au développement de la graisse. Ainsi, dans 100 parties d'aliments digestibles il y a :

	Principes azotés.	graisse.
	kil.	
Dans la ration ne produisant que de la chair.	9,8	0,8
Dans la ration produisant chair et graisse....	11,3	2,2
Dans la ration d'engraissement.....	15,3	2,9

Ces rapports sont de nature à faire supposer que les principes azotés des aliments, tout en concourant à la formation du tissu musculaire, contribuent aussi au développement du tissu adipeux, et dans cette circonstance, où le régime était abondamment pourvu

d'aliments respiratoires, on reconnaît que 100 kil. de principes azotés nutritifs ont formé 120 kil. de poids vivant.

Engraissement des oies.

Pendant qu'on avançait des hypothèses plus ou moins ingénieuses sur le développement de la graisse, un habile professeur de la Faculté des sciences de Strasbourg, M. Persoz, constatait que dans l'engraissement des oies, la graisse formée dépasse de plus du double celle qui est contenue dans le maïs consommé. C'est ce que les observations dont je vais présenter les détails confirment pleinement.

Les onze oies sur lesquelles j'ai expérimenté étaient âgées d'environ un an et de même origine, on les a pesées après les avoir fait jeûner pendant 12 heures.

POIDS DES OIES AU COMMENCEMENT DE L'EXPERIENCE.

NUMÉROS...	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10	11	POIDS moyen.
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
Poids.....	3,42	3,13	3,34	3,63	2,87	3,20	3,40	3,55	3,39	3,35	3,70	3,36

On a tué les numéros 2, 3, 9, 10 et 11, et, après avoir pris le poids de leurs différentes parties, on a déterminé la quantité de graisse renfermée dans chaque pièce de la manière suivante : on a d'abord pesé séparément la graisse des intestins et la graisse épiploon. Pour obtenir la graisse sous-cutannée, celle qui est

disséminée dans la chair ou adhérente au tissu osseux, on coupait l'oie en morceaux et on la faisait bouillir pendant quatre heures dansde l'eau contenue dans un vase étroit et profond ; on enlevait, pour la peser, la graisse figée après le refroidissement. Les os se détachaient alors très-facilement de la viande cuite; ils étaient essuyés et pesés. Du poids des os et de celui de la graisse écumée on concluait, par différence, le poids de la chair. Les résultats obtenus sur les oies tuées avant l'engraissement sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau.

POIDS DE LA GRAISSE, DU SANG ET DES DIVERS ORGANES DES CINQ OIES TUÉES AVANT L'ENGRAISSEMENT.

N° D'ORDRE.	POIDS des oies.	GRAISSE adhérente aux intestins.	GRAISSE épiploon.	GRAISSE extraite par ébullition.	TOTAL de la graisse.	OS DÉGRAISSÉS.	CHAIR et peau.	SANG recueilli.	FOIE.	COEUR.	CERVELLE.	GÉSIER VIDE.	BILE.	RATE.	TRACHÉE.	POUMONS.	INTESTINS VIDES et jabots.	PLUMES.	ALIMENTS, excréments, pertes.
	kil.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
2	3,13	21	33	201	255	321	1600	180	67	24	12	133	4	9	10	25	140	250	100
3	3,34	42	53	246	341	331	1525	230	69	25	11	140	4	8	8	32	162	250	204
9	3,39	14	21	178	213	300	1546	220	105	30	11	148	13	13	10	19	190	420	152
10	3,35	30	40	214	284	326	1500	210	86	26	10	134	8	14	9	21	180	370	170
11	3,70	30	40	296	366	310	1634	305	115	24	12	136	8	10	9	19	207	300	246
	16,91	137	187	1135	1459	1588	7805	1145	442	129	56	691	37	54	46	116	879	1590	872

Les six pièces à engraisser pesant ensemble 20 kil. 09 (en moyenne 3 kil. 35), ont été mises dans une mue divisée en six compartiments assez étroits pour empêcher les oies de se retourner. Le plancher de la mue n'occupait pas toute la section du fond et sa disposition était telle, que l'on pouvait placer six vases pour recevoir la totalité des déjections. Les oies ont été gavées matin et soir avec du maïs qu'on avait trempé dans l'eau pendant quelques heures. Sur le devant de la cage se trouvait une auge commune contenant de l'eau légèrement salée, dans laquelle on avait jetté quelques fragments de charbon. L'engraissement, conduit par une gaveuse de profession, a été terminé après 31 jours d'un régime, durant lequel il a été consommé 71 kil. 89 de maïs, soit 11 kil. 98 par individu; à peu de chose près 386 gr. par jour et par tête.

	kil.
Les six oies dont le poids était avant l'engraissement de	20,09
Ont pesé....	31,11
Ayant gagné en poids.....	11,02

TABLEAU.

POIDS DE LA GRAISSE, DU SANG ET DES DIVERS ORGANES DES SIX OIES ENGRAISSÉES.

Nos d'ordre.	Poids des oies. avant l'engrais.	Poids des oies. après l'engrais.	Gain pendant l'engraissement	Graisse adhérente aux intestins.	Graisse épiploïque.	Graisse extraite par ébullition.	Total de la graisse.	Os dégraissés.	Chair et peau.	Sang recueilli.	Foie.	Cœur.	Cervelle.	Gésier vide.	Bile.	Rate.	Trachée.	Poumons.	Intestins vides, jabots	Plumes.	Aliments et excréments.
	kil.	kil.	kil.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
1	3,42	5,35	1,93	234	385	835	1454	313	2295	290	251 [1]	35	11	87	4	4	9	34	191	280	245
4	3,65	5,50	1,85	369	435	1147	1951	300	2289	190	214	22	12	82	3	10	10	27	162	270	75
5	2,87	4,58	1,71	294	322	943	1559	273	1847	140	171	29	10	76	4	8	8	34	160	280	64
6	3,20	4,67	1,47	271	331	861	1463	234	1980	170	143	31	11	120	3	10	8	26	153	290	103
7	3,40	5,53	2,13	221	413	1237	1873	299	2261	195	260	40	12	95	8	9	11	38	147	325	129
8	3,55	5,48	1,93	302	400	1014	1716	309	2220	320	301	32	11	114	12	13	10	27	157	340	101
	20,09	31,11	11,02	1691	2288	6037	10016	1728	12892	1305	1340	199	67	574	34	54	56	186	970	1785	717

[1] La graisse du foie gras étant déjà comptée sans la graisse extraite par ébullition, en sommant les divers organes, on trouvera un excès sur le poids des oies engraissées, 31k,11.

	Graisse kil.	Chair et sang. kil.
En résumé les six oies engraissées contenaient.	10,016	14,197
D'après la composition des oies maigres, ces 6 oies devaient contenir avant l'engraissement.	1,752	10,740
Gain pendant l'engraissement.....	8,264	3,457

La comparaison de l'oie avant et après l'engraissement est curieuse sous plusieurs rapports; pour qu'on puisse juger facilement des différences, je rapprocherai les deux compositions.

	OIE MAIGRE.		OIE GRASSE.	
	gramm.		gramm.	
Graisse adhérente aux intestins.	28	292	282	1669
Graisse épiploon.....	37		381	
Graisse extraite par ébullition...	227		1006	
Os.....	318		288	
Chair et peau (dégraissées).....	1561		2149	
Sang recueilli (1).....	229		218	
Foie.....	88		223	(2)
Cœur.....	26		33	
Cervelle.....	11		11	
Gésier.....	138		96	
Bile.....	7		6	
Rate.....	11		9	
Trachée.....	9		9	
Poumons.....	23		31	
Intestins, jabots.....	176		162	
Plumes.....	318		298	
Excréments, pertes.....	174		120	
	3381		5320	

(1) C'est-à-dire le sang qui a coulé quand on a coupé la trachée.
(2) Foie gras dont la graisse figure déjà dans celle retirée par l'ébullition.

Comme dans l'engraissement du porc, nous voyons la chair se produire en même temps que la graisse. Un fait singulier et qu'on observe égale-

ment sur les canards, c'est la diminution du gésier chez les oiseaux qui ont été gavés.

Pour estimer l'humidité que devait renfermer la graisse pesée, particulièrement celle recueillie à la surface de l'eau après l'ébullition, je l'ai fondue à une chaleur modérée, comme on le pratique quand il s'agit de la mettre en pot.

3k,98 de graisse adhérente se sont réduits à 3k,69; perte p. 100 = 7,3
3k,01 de graisse écumée sont devenus.... 2k,81; perte p. 100 = 6,3

Appliquant ces corrections aux graisses acquises durant l'engraissement, on trouve :

	kil.
Pour la graisse adhérente fondue.....	3,327
Pour la graisse retirée par l'ébullition.....	4,180
Graisse privée d'eau acquise par les six oies.	7,507

A cette graisse il faut ajouter celle qui faisait partie des déjections. La totalité des excréments très-aqueux rendus pour les six oies a pesée 83 k. 23. Après avoir enlevé une partie de l'eau par décantation, on a mis à égouter sur une toile ; de cette manière on a obtenu 39 kil. 19 d'une matière verte pulpeuse qu'on a mêlée intimement pour en prendre un échantillon. 1 kil. de cette pulpe desséchée dans une bassine chauffée à la vapeur s'est réduit à 190 grammes d'une substance sèche couleur *merdoie*.

Ainsi, les 39 kil. 19 de déjections humides contenaient 7 kil. 45 de substance sèche, renfermant 9,6 pour 100 d'huile ; les 7 kil. 45 devaient en contenir 715 gr., ce qui porte le total de la graisse acquise par les six oies à 8 kil. 222.

Examen du maïs consommé.

Le maïs employé pesait 72 k. 20 l'hectolitre; pour avoir un échantillon bien homogène, j'en ai fait moudre 50 litres. L'huile a été déterminée sur des quantités de farine qui ont variées de 20 gr. à 200 gr.; l'analyse en a extrait 7 pour 100.

Par conséquent les oies ayant mangé en 31 jours 71 k. de maïs dans lequel il y avait :

	kil.
Huile	5,032
La graisse totale acquise ayant été	8,222
La graisse formée durant l'engraissement s'élève à	3,190

J'ai trouvé dans le maïs donné aux oies :

	kil.
Carbone	39,5
Hydrogène	6,0
Azote	2,0
Cendres	1,1
Oxygène	51,4
	100,0

En 24 heures une oie mangeait 386 gr. de ce maïs, et rendait 40 gr. d'excréments desséchés. La graisse fixée a été 44 gr. 24, soit fondue 41 gr. 4. L'accroissement total du poids vivant s'est élevé à 59 gr. 2.

Cet accroissement de poids, déduction faite de la graisse, devient 14 gr. 8.

	Carbone. gr.	Azote. gr.
Dans les 385 gr. de maïs, il y avait.....	152,5	7,7
Dans les 40 gr. d'excréments secs d'après l'analyse.	17,1	
On a pour le carbone fixé ou exhalé en 24 heures..	135,4	
Le carbone de la graisse fixée = 32,7 / Le carbone de poids vivant (14,8) 2,0	34,7	
On aurait pour le carbone brûlé par la respiration	100,7	

Mais le poids de ce carbone est évidemment trop élevé par la raison que, n'ayant retenu et desséché que les parties solides des déjections, l'eau rejetée a dû enlever des matières organiques solubles. Il est, je crois, possible d'arriver plus exactement à la connaissance du carbone éliminé par les voies respiratoires, en comparant, d'après le principe de Vogelli, les poumons de l'oie aux poumons d'un oiseau dont on connaît les produits de la respiration. J'ai constaté qu'une tourterelle du poids de 190 gr. brûle en 24 heures environ 5 gr. de carbone ; les poumons d'une semblable tourterelle pèsent généralement 1 gr. 25. Les poumons de l'oie pesant 23 gr., on arrive à ce résultat, que l'oie doit brûler en 24 heures 92 gr. de carbone (1).

Les 386 gr. de maïs, déduction faite de 6 gr. de ligneux, renferment 150 gr. de carbone qui suffisent amplement aux exigences de l'engraissement.

D'après la constitution du maïs, la ration engraissante contient :

(1) Cette quantité me paraît encore trop forte.

	gr.
Albumine, gladiadine..	49
Huile.....	27
Amidon, sucre.....	234
Sels.....	4
	314

Comme il y a eu chaque jour à peu près 3 gr. de matières grasses éliminées avec les déjections, il reste 24 gr. pour la graisse assimilée directement ; et comme l'oie en a acquis journellement 41 gr., on voit qu'elle a dû en former 17 gr. avec les autres éléments de sa nourriture. On remarquera que dans 100 parties des aliments digestibles, il y a :

Principes azotés.	Graisse.
15,6	8,5

Des expériences entreprises sur des canards ont conduit à des résultats exactement semblables; aussi je ne rapporterai qu'une seule observation dans laquelle j'ai substitué au maïs, si riche en huile, un aliment analogue, tout aussi dense, d'une digestion facile, mais dans lequel il n'y a que quelques millièmes de matières grasses. C'est le riz, dont la composition est, pour ainsi dire, celle du maïs, qu'on aurait privé d'huile par un procédé chimique. Le riz renfermant d'ailleurs une très-forte proportion d'amidon, il convient parfaitement pour apprécier le rôle de la fécule dans la production de la graisse.

Les canards, de même origine, étaient âgés de 8 mois environ. On en a tué quatre pour connaître leur composition, deux ont été nourris avec du riz légè-

rement cuit, à raison de 125 gr. de riz, pesé avant la cuisson, par jour et par tête. Un des canards est resté à ce régime pendant 12 jours, l'autre pendant 15 jours. Ils ont consommé, en tout, 3 k. 375 de riz.

COMPOSITION MOYENNE DES CANARDS AVANT ET APRÈS LE RÉGIME DU RIZ.

	AVANT.	APRÈS.
	gramm.	gramm.
Graisse	226	246
Os dégraissés	97	98
Chair et peau	554	703
Sang recueilli	64	55
Foie	36	37
Cœur	10	10
Cervelle	5	5
Gésier	28	20
Bile	1	1
Rate	4	4
Trachée	4	5
Poumons	10	12
Intestins et jabots	47	46
Plumes	98	115
Déjections, eau, aliments	159	103
	1343	1460

Le canard moyen a gagné par le régime du riz : graisse, 20 grammes.

La graisse a perdu par la fonte 0,08, soit graisse fondue	18,4
On a trouvé dans la déjection	8,1
Graisse totale fixée	26,5
Dans le riz consommé	11,8
Graisse produite	14,7

Cette production de graisse a eu lieu en 13 jours, c'est donc environ 1,1 gr. par jour, sous l'influence d'une consommation de 125 gr. de riz, dans lesquels

il entre 9 gr. 4 d'albumine : 0 gr. 9 d'huile et 95 gr. d'amidon. C'est 8 gr. 3 d'amidon de plus qu'il ne s'en trouve dans une ration de 140 gr. de maïs, ration qui développe un engraissement rapide, parce que cette différence en amidon est plus que compensée par des doses plus fortes d'albumine et de matière grasse.

Pour communiquer à la ration la faculté engraissante au plus haut degré, il suffit d'y ajouter un corps gras, comme le prouve l'expérience.

Pendant que les canards étaient alimentés avec du riz, j'en nourrissais deux autres avec la même ration à laquelle on ajoutait du beurre. Avec ce régime, les canards sont arrivés promptement à un degré d'engraissement vraiment remarquable. Il entrait 60 gr. de beurre dans la ration. Les deux canards sont restés à ce régime pendant 11 jours ; on les a tués parce que depuis le septième jour leur poids n'augmentait plus. Un autre canard fut mis au régime unique du beurre, on lui en donnait 100 gr. par jour ; il est mort d'innanition au bout de trois semaines, le beurre suintait de toutes les parties de son corps, il s'en exhalait une odeur infecte qui rappelait l'*acide butyrique*. Les déjections étaient presque entièrement formées de graisse. Les canards nourris au riz additionné de beurre ont pesés quand on les a tués : l'un 1 kil. 63 ; l'autre 1 kil. 58.

TABLEAU.

COMPOSITION DES CANARDS NOURRIS AU RIZ ADDITIONNÉ DE BEURRE.

	N° 9.	N° 6.
	gramm.	gramm.
Graisse	431	440
Os dégraissés	93	77
Chair et peau	631	694
Sang recueilli	60	70
Foie	48	33
Cœur	10	9
Cervelle	4	5
Gésier	13	18
Bile	5	1
Rate	2	2
Trachée	5	3
Poumons	10	7
Intestins, jabots	42	40
Plumes	170	151
Aliments, déjections	106	30
	1630	1580

La graisse initiale étant 226 gr., on voit que chaque canard a fixé, par ce régime, 211 gr. de graisse.

Cette expérience montre avec quelle facilité est assimilé la graisse d'une ration complète, et s'il est incontestable qu'un régime suffisant azoté, bien que dépourvu de matières grasses, engraisse néanmoins les animaux qui le consomment : on doit aussi convenir que la nourriture propre à l'engraissement le plus rapide et le plus prononcé, est précisément celle dans laquelle une dose convenable de substances albumineuses est réunie à la plus forte proportion de principes gras. Quant à la graisse développée dans les animaux nourris avec des aliments qui n'en renferme qu'une quantité minime, il faut nécessairement l'a

buer, soit aux matières azotées, soit à l'amidon ou au sucre. Cependant, quand on considère que ces aliments sont alors constamment riches en principes albumineux, et que le carbone de ces principes est toujours supérieur au carbone de la graisse développée, on est porté à leur attribuer l'origine de cette graisse. Il me serait facile de signaler plusieurs régimes engraissants dans lesquels l'albumine, le caséum, la légumine, semblent jouer le rôle de corps gras, et je ne connais pas une seule ration employée en pratique, dans laquelle l'amidon ou le sucre soient unis à une faible proportion de ces mêmes substances. Lorsque dans un régime d'engraissement, les matières azotées nutritives ne surabondent pas, on peut être certain d'y rencontrer de la graisse toute formée. Ces observations paraissent encore corroborées par la facilité avec laquelle les substances azotées des aliments se modifient en acide gras. Ainsi M. Würtz a reconnu que sous l'influence des alcalis et de la chaleur, ou par suite d'une altération spontanée, l'albumine donne naissance à de l'acide butyrique. En répétant sur l'albumine extraite du maïs les expériences de M. Würtz, j'ai obtenu en effet un acide volatile dont l'odeur a la plus grande analogie avec celui de l'acide butyrique.

Au reste, tous les faits recueillis sur l'engraissement des animaux paraissent s'accorder pour assigner aux substances alimentaires azotées la faculté de développer la graisse, en remplaçant en quelque sorte les matières grasses dans la nutrition. Je me bornerai

dans ce qui va suivre à rapporter des observations intéressantes sur l'accroissement et l'engraissement du porc, dues à M. Parent (1). Ces observations ont eu d'abord pour objet d'examiner si, pour une race donnée et dans un temps déterminé, des quantités d'aliments équivalentes produisent des accroissements égaux.

On a mis en observation : 1° Des porcs blancs, du Poitou, à oreilles larges et pendantes ; 2° des porcs à jambes courtes et à oreilles droites, race du Hampshire, race plus robuste mais moins féconde que la précédente ; 3° des métis provenant du croisement des Poitous et des Hampshire, produit réunissant à peu près les bonnes qualités des deux races.

M. Parent ne sèvre pas les gorets avant l'âge de cinquante jours. Dans les trois premières semaines, l'accroissement diurne est de 0 kil. 238, et de 0 kil. 254 durant la fin de l'allaitement ; accroissement peu différent de celui que j'ai eu l'occasion de constater. Pour remplacer le lait de la mère, et le supplément en pain que les gorets reçoivent, il a fallu 1 lit. 70 de lait de vache. Cette substitution était curieuse à déterminer, car elle montre que, durant l'allaitement, le lait produit chez le porc presque exactement la même quantité de poids vivant que chez le bétail à cornes. En effet, j'ai fait voir qu'un veau, en buvant dans un jour 7 lit. 17 de lait, augmente de 0 kil. 96. 1 lit. 7, suivant ce rapport, devrait donc produire

(1) *Journal d'agriculture*, t. II, p. 497, 2e série.

0 kil. 228 de poids vivant. Or, d'après les pesées de M. Parent, cette même quantité de lait occasionne chez le porc un accroissement de 0 kil. 241.

Les résultats consignés ci-après ont été obtenus après le sevrage.

TABLEAU.

AGE.	RACE DU POITOU.		RACE ANGLAISE.		MÉTIS.		RATIONS ÉQUIVALENTES PAR JOUR.		
	POIDS MOYEN.	AUGMENTAT. par jour.	POIDS MOYEN.	AUGMENTAT. par jour.	POIDS MOYEN.	AUGMENTAT. par jour.	SEIGLE.	SON.	POMMES de terre.
jours.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
1	1,30	0,305	1,20	0,188	1,25	0,222			
20	7,40	0,202	4,96	0,235	5,70	0,235			
50	16,15	0,329	12,00	0,310	12,75	0,355	1,00	2,08	4,80
100	32,60	0,384	27,53	0,389	30,50	0,386	1,13	2,35	5,43
150	49,00	0,492	47,00	0,650	49,80	0,584	1,74	3,62	8,36
200	71,10	0,174	80,50	0,247	78,00	0,288	1,90	3,95	9.13
250	79,80	0,174	92,85	0,248	89,40	0,210	2,10	4,37	10,09
300	88,50	0,192	105,25	0,247	99,90	0,198	2,30	4,78	10,65
400	108,75	0,142	130,00	0,155	119,70	0,196			
500	123,00	0,155	145,70	0,156	139,30	0,168			
600	138,50	0,075	161,30	0,175	156,10				
700	146,00	0,026	176,85	0,146					
800	148,60	0,013	191,50	0,180					
900	149,90	0,015	209,50						
1000	150,40								

De six cents à mille jours d'âge, les poids inscrits dans le tableau se rapportent à des truies portières qui n'ont été mises en observation que deux mois après avoir mis bas, alors qu'elles étaient rétablies des fatigues de l'allaitement.

Les pesées montrent que c'est entre 150 et 200 jours d'âge que l'accroissement a été le plus rapide. Après, entre 200 et 250 jours, l'augmentation de poids dépasse à peine celle de la seconde période de l'allaite- Il y a là, suivant M. Parent, une indication qui n'est pas sans importance, car elle rend probable qu'en commençant l'engraissement, alors que l'assimilation s'effectue avec le plus d'énergie, le résultat définitif serait plus avantageux pour l'éleveur.

En tenant un compte exact de la nourriture consommée, on a pu déterminer les quantités comparatives de divers aliments nécessaires pour produire 25 kilogrammes de poids vivant, aux différentes phases de la croissance du porc.

TABLEAU.

RACE.	NOMBRE de jours pour produire 25 kil. de poids vivant.	POIDS MOYEN.	QUANTITÉ D'ALIMENTS POUR PRODUIRE 25 KILOGRAMMES DE POIDS VIVANT.		
			Seigle.	Son.	Pommes de terre.
		kil. kil.	kil.	kil.	kil.
Du Poitou.....	72	16,15 à 41,15	74,80	155,70	359,46
	68	41,15 à 66,15	101.24	210,60	485,20
	111	66,15 à 91,15	219,80	457,00	1056,00
	151	91,15 à 116,15	366,90	721,80	1608,15
	402	16,15 à 116,15	762,80	1545,10	3508,85
Anglaise.....	75	12 à 37	78,25	162,75	375,75
	48	37 à 62	58,50	142,00	327,35
	54	62 à 87	98,30	205,40	471,40
	100	87 à 112	214,30	348,40	1002,00
	277	12 à 112	449,15	856,55	2176,50
Métis.....	70	12,75 à 37,75	72,60	151,00	348,00
	52	37,75 à 62,75	72,20	150,15	346,15
	71	62,75 à 87,75	130,40	271,20	625,80
	122	87,75 à 112,75	276,25	556,85	1260,60
	315	12,75 à 112,75	551,45	1129,20	2581,15

On voit qu'il a fallu en moyenne, pour obtenir 100 kil. de porc, faire consommer :

Par la race :	Seigle. kil.	Son. kil.	Pommes de terre. kil.
Du Poitou. . . .	763	1545	3509
Anglaise.	449	857	2176
Métis.	551	1129	2581

D'après ces résultats 100 kil. des principes albumineux renfermés dans les aliments auraient formé :

Avec le seigle.	136 kil. de poids vivant.
Avec le son.	71
Avec la pomme de terre.	130

La faculté nutritive du son serait, d'après ces observations, bien inférieure à ce que pouvait faire supposer son contenu en élément azoté.

Dans une série d'essai sur l'engraissement de porcs

déjà en chair, cette infériorité du son s'est reproduite ; en effet, M. Parent a reconnu que, pour provoquer une augmentation de 50 kil. sur le poids vivant, il a fallu consommer :

ALIMENTS.	POIDS des ALIMENTS.	PRINCIPES CONTENUS.		
		ALBUMINE, caséine.	MATIÈRES grasses.	AMIDON ou analogues.
	kil.	kil.	kil.	kil.
Seigle.....	208	26,0	4,2	138,0
Orge.....	240	32,2	6,7	152,9
Sarrasin.....	284	37,2	11,1	181,8
Son.....	410	48,8	16,4	211,6
Pommes de terre....	1000	28,0	2,0	227,0
Carottes.....	1420	27,0	2,8	127,8

J'ai mis en regard des aliments les quantités de leurs divers principes digestibles : si l'on excepte le son et le sarrasin qui présentent une véritable anomalie, on trouve que les autres aliments renferment des quantités de substance azotée peu différentes, si l'on a égard, d'une part, à l'incertitude qui plane encore sur la constitution des matières alimentaires, et de l'autre, aux variations de composition que l'on constate quelquefois dans un même aliment. Il paraîtrait résulter de ces observations que 100 kil. de substances azotées contenues dans la nourriture donneraient lieu, dans l'engraissement du porc, à un accroissement de poids de 177 kil.

Dans les contrées où le chêne est abondant, le gland entre souvent dans la nourriture du porc. La composition de cet aliment indique qu'il doit être très-nutritif pour les animaux qui peuvent digérer. En effet, dans 100 parties de glands séchés sur le grenier et décortiqués, j'ai trouvé :

Principes azotés.....	5,0	100
Matières digestibles non azotées.	64,5	
Huile blanche très-fluide.....	4,3	
Ligneux non digestible.....	4,6	
Matières salines, phosphate.....	1,6	
Eau.....	20,0	

100 de glands décortiqués séchés à l'air = 130 de glands non décortiqués et séchés à l'air.

1 hectolitre de glands non décortiqués et séchés à l'air a pesé 64 kil.

La récolte de pommes de terre de 1846 ayant été faible et la glandée très-abondante, nous avons fait concourir les glands à l'engraissement des porcs. Voici les détails d'une opération conduite par M. Le Bel.

Le 4 janvier 1847, on a mis à l'engrais onze porcs de cinq mois. L'engraissement a été terminé le 4 février.

TABLEAU.

LOTS.	RACE.	POIDS DES LOTS AVANT l'engrais.	POIDS DES LOTS APRÈS l'engrais.	GAIN pendant L'ENGRAIS.
		kil.	kil.	kil.
N° 1, 3 pièces...	Hampshire.	95	133	38
N° 2, 4 pièces...	Hampshire croisée.	115	197	82
N° 3, 4 pièces...	Id.	117	195	78
		327	525	198

Aliments consommés pendant l'engraissement.

ALIMENTS.	POIDS.	VALEUR en argent.	MATIÈRES grasses.
	kil.	fr.	kil.
Glands secs.....	775,00	29,00	25,63
Farine de gland non blûtée..	426,25	24,70	14,10
Tourteau de pavot.....	232,50	41,85	19,53
Pain de crotons.....	31,00	4,65	4,25
Petit-lait, eau grasse.....	3410,00	»	13,64
			79,95

Ce régime était surtout riche en substances grasses, dont le poids représente presque celui de la graisse développée pendant l'engraissement. En admettant, ce qui est ordinairement le cas, dans les porcs les moins chargés de gras que nous mettons à l'engrais 0,24 de lard et saindoux, et dans les porcs engraissés 0,30 de graisse, limite qu'on dé-

passe rarement, on trouve que dans les lots il y avait :

	kil.
Graisse avant l'engraissement...	78,5
Après l'engraissement.....	157,5
Gain en graisse.....	79,0
Or la graisse des aliments était..	79,9

Néanmoins, si l'on considère que les porcs ont encore rendu quelques kil. de graisse avec leurs déjections, on voit, malgré cette alimentation très-chargée de principes gras, que la graisse fixée dans l'organisme devait probablement dépasser en poids celle qui faisait partie du régime.

Je terminerai en montrant de quelle ressource peut être l'emploi du gland dans l'engraissement du porc, quand la récolte des pommes de terre a manqué par l'effet de la maladie, comme cela a eu lieu en 1846.

Dans l'engraissement dont je viens de présenter les détails, les 100 kil. de porc engraissé sont revenus à 48 fr. 26 c., en supposant que la litière et les soins du porcher aient été payés par le fumier. Dans l'engraissement mentionné plus haut et dont la base a été la pomme de terre, au prix de 4 fr. le quintal, on a dépensé :

	Quintaux.		fr.	fr. c.
Pour	43	de pommes de terre à	4	172,00
	3,94	de seigle..... à	18,60	73,28
	2,84	de farine de seigle.. à	44,40	126,10
	2,96	de pois..... à	14,00	41,45
		Total.....		412,83

Avec cette dépense, on a obtenu sur les porcs à l'engrais une augmentation de 413 kil. Les 100 kil. de poids vivant acquis sont revenus par conséquent à 99 fr. 89 c.

J'aurais désiré réunir aux faits que je viens d'exposer quelques observations sur le développement et l'engraissement des bêtes à laine; malheureusement je n'ai pu me procurer des renseignements suffisants sur cette branche si intéressante de l'économie rurale. Je mentionnerai, toutefois, les résultats obtenus par M. Okel sur la ration d'entretien et d'accroissement de la race ovine, résultats que M. Legnitz a formulés ainsi :

1° La ration d'entretien d'un mouton est de 2 k. 1 de foin pour 100 kil. de poids vif, défalcation faite de la laine;

2° Pour produire 1 kil. de chair, il faut ajouter à la ration d'entretien 12 kil. 1 de foin, non compris la quantité de fourrage nécessaire à la production de la laine.

J'ajouterai comme renseignement les pesées que M. Rayer a faites des principaux organes d'un mouton mérino âgé d'environ cinq ans, pesant en vie 34 kil. 5.

PARTIES DU CORPS.	POIDS.	OBSERVATIONS.
	kil. gr.	
La peau garnie de laine...	5 897	Les os de la tête pesaient » 928
Le sang fourni par la plaie.	1 500	Les os du tronc et des membres 3 125
Les os de tout le squelette.	4 53	Total. 4 053
Le cerveau.....	» 110	On n'a pas détaché les cornes du crâne ni les ongles des pieds.
La moëlle épinière.....	» 35	
Les yeux	» 40	
Le larynx et la langue....	» 250	
Les poumons et la trachée.	» 655	
Le cœur et le péricarde...	» 255	
Œsophage, estomac et intestins vides.....	2 250	
Matières contenues dans l'estomac et les intestins..	2 625	
Mésentère et graisse.....	» 875	
Rate.....	» 150	
Pancréas.....	» 45	
Foie.....	» 475	
Vésicule du fiel et bile....	» 40	
Les deux reins.....	» 104	
Vessie et urine	» 82	
Graisse autour des reins...	1 »	
Graisse (épiploon).....	» 375	
Chairs (muscles, tendons, gaîne fibreuse, portions de graisse).....	13 284	
	34 500	

CHAPITRE XVIII.

RELATION ENTRE LA CONSOMMATION DES FOURRAGES ET LA PRODUCTION DU FUMIER.

Le fourrage et la litière étant l'origine du fumier, il semble facile d'évaluer celui qui sort journellement des écuries et des étables. Je n'entends point parler ici de la masse des déjections : ainsi, dire avec quelques praticiens que la paille double ou triple de poids quand elle séjourne sous les animaux, ce n'est pas définir la quantité réelle d'engrais recueilli, parce que la nature plus ou moins aqueuse de la nourriture influe de la manière la plus directe sur le poids des excrétions dont la litière est imprégnée. L'évaluation de l'engrais produit doit être plus rigoureuse, et, sans prétendre à une exactitude à laquelle on ne saurait atteindre, on peut cependant estimer l'azote de la litière et des déjections, afin d'être en état de rapporter le fumier obtenu à l'engrais normal.

Si le principe azoté des aliments au lieu d'être, en partie du moins, assimilé ou exhalé par les animaux, était totalement expulsé de l'organisme, on comprend qu'il suffirait de connaître l'azote contenu dans la nourriture, pour apprécier ce que devraient renfer-

mer du même élément les déjections réunies à la litière. Il n'en est pas ainsi, et pour montrer qu'il n'est pas indifférent de négliger l'azote soustrait aux engrais il suffit de prendre le cas le moins compliqué, celui de l'alimentation d'un cheval adulte recevant pour ration :

Foin.....	10 kil.	contenant azote..	115 gramm.
Avoine.....	5	id.	95
Paille.....	5	id.	25
Paille litière.	4	id.	20
		Azote.....	255

Or, en admettant 2 pour 100 d'azote dans l'engrais normal à l'état sec, on voit que la nourriture consommée par le cheval pourrait fournir, théoriquement parlant, 12 kil. 75 de fumier de ferme supposé sec ; mais nous avons vu qu'un cheval, qu'une vache, exhalent, en vingt-quatre heures, de 23 à 27 grammes d'azote prélevés sur les aliments, et par conséquent perdu pour le fumier. 25 gr. d'azote représentent 1 kil. 25 d'engrais sec ; il s'ensuit que le fumier normal et sec, produit par le cheval maintenu à l'écurie, se trouve réduit à 11 kil. 50. Dans une année, l'azote exhalé diminuerait donc le poids du fumier supposé sec de 456 kilog. par cheval.

L'azote des aliments d'une vache enlevée à l'engrais, est plus considérable encore ; car à l'azote exhalé pendant la respiration se joint celui qui fait partie du lait. Aussi des praticiens, sans se rendre bien raison de la cause, ont déjà constaté ce fait, que, pour une même quantité de nourriture semblable, la

vache apporte réellement moins d'engrais qu'un cheval; considérons, en effet, une vache laitière à l'époque où elle donne 10 litres de lait en consommant l'équivalent de 17 kilog. de foin :

17 k. de foin contiennent azote.		196 gramm.
2 de paille litière.	id.	10
	Azote....	206

206 gr. d'azote = 10k,30 de fumier normal sec.

Mais il y a eu en vingt-quatre heures.

Azote exhalé.....	25 gram.
Azote des 10k,35 de lait.	52
	77 = 3k,85 de fumier sec.

Les 17 kilog. de foin digérés par la vache fournissent donc, seulement avec la litière, 6 kil. 5 de fumier. L'azote des aliments distrait des déjections, représente par an 14 quintaux d'engrais sec.

L'évaluation de l'engrais que doivent fournir des animaux en état de croissance, présente quelques difficultés, parce qu'indépendamment de l'azote distrait par le fait de la respiration, il y a, en outre, une certaine quantité de ce principe qui reste fixé dans l'organisme, et avec ce principe, comme nous l'avons établi, une certaine proportion de phosphates et autres substances minérales appartenant aux aliments.

Ainsi, dans une des expériences que j'ai rapportées, on a pu voir qu'un veau de six mois consommant

kil.	gr.
Par jour, 4,33 de foin contenant azote.....	69,3
A rendu par les déjections azote.....	54,3
Azote fixé ou exhalé en vingt-quatre heures.	15,0

Et de plus le veau a assimilé 14 gr. de phosphate de chaux.

L'engrais perdu par la fixation de l'azote et des substances minérales des aliments est, comme on voit, considérable, lorsqu'il s'agit d'une vache laitière ou du bétail jeune.

Pour évaluer avec une certaine exactitude le fumier azoté qui doit résulter des aliments consommés dans la ferme, il faudrait connaître la proportion d'azote renfermée dans un animal en vie. On saurait alors, par l'augmentation de poids arrivée dans l'étable ou dans l'écurie, le poids du fumier à retrancher de celui qu'auraient produit les fourrages, s'il n'y avait point eu production de matière animale, si la totalité de l'azote et des phosphates de la nourriture eût passé aux engrais. Malheureusement nous n'avons, pour déterminer l'azote contenu dans un animal en vie, que des données bien insuffisantes, mais que j'essaierai néanmoins d'appliquer.

D'après quelques expériences et les renseignements que j'ai pu me procurer, j'admets que les substances suivantes, considérées à l'état normal, contiennent pour 100 :

TABLEAU.

SUBSTANCES, 100 PARTIES.	HUMIDITÉ.	MATIÈRE sèche.	PHOSPHATES de chaux et sels.	AZOTE.
Chair de bœuf.....	77	23	1,0	3,5
— de veau.....	77	23	1,2	3,6
— de mouton	77	23	1,0	3,4
— de porc.....	75	25	0,9	3,5
— d'oie.....	74	26	0,8	3,2
Sang.....	80	20	0,9	3,0
Peau de bœuf, de veau...	60	40	1,0	7,2
Crins, poils.....	9	81	2,0	13,8
Corne.....	9	91	0,7	14,4
Os de bœuf, tibia.....	30	70	»	»
Un squelette entier.....	36	64	35,0	5,2
Parties molles (cervelles, intestins, etc.).....	81	19	1,0	2,9
Lard privé de peau.....	16	84	»	1,9

En appliquant ces nombres aux diverses matières et organes qui entrent dans la constitution des animaux dont nous nous sommes occupé précédemment, on a pour la quantité d'azote contenue dans 100 kil. de poids en vie :

Bétail.....	3,47	pour 100
Cheval.....	3,64	id.
Porc.	3,80	id.
Mouton.....	3,66	id.
Oie.....	4,10	id.

Ainsi, pour 100 kil. de *poids vivant*, produit dans l'étable, on peut, sans erreur grave, supposer qu'il y a 3 kil. 64 d'azote fixé, prélevés sur les fourrages, et qui, par conséquent, n'iront pas aux engrais. En d'autres termes, 100 kil. de poids en vie privent l'établissement de 182 kil. de fumier normal sec, ou d'environ 9 quintaux de fumier humide.

On doit donc espérer d'arriver à connaître, d'après les aliments consommés dans une ferme, la quantité

d'engrais réel dont on pourra disposer, en tenant compte et en déduisant de l'engrais que donneraient directement les fourrages, l'engrais que représente l'azote exhalé ou fixé par les animaux. Mais pour obtenir des résultats suffisamment exacts, il faudrait nécessairement posséder des données plus nombreuses et plus précises que celles que nous sommes réduits à employer maintenant. Au reste, cette perfection des *coefficients* est l'affaire de l'avenir; la science agricole a presque tout à créer.

On étendra probablement un jour cette discussion à l'acide phosphorique; aujourd'hui les éléments ne sont pas assez nombreux. Je me bornerai à faire remarquer, en me fondant sur les résultats fournis, d'un côté, par l'abattage de deux porcs, et de l'autre, par mes analyses du tissu osseux, que 100 kil. de poids vivant contiennent 2 kil. 9 de cendres, dans lesquelles il y a près de 45 pour 100 d'acide phosphorique.

Dans l'appréciation des engrais par les aliments, on suppose qu'il n'y a aucune déperdition de fumier. Pour les étables, un cultivateur soigneux approchera de cette supposition, en faisant presque le contraire de ce qu'on pratique généralement; mais les fumiers de l'écurie auront toujours, quoiqu'on fasse, à supporter une perte inévitable, dépendante du séjour que font au dehors les chevaux du domaine. On admet que, par suite du travail extérieur, les attelages ne rendent que les deux tiers de l'engrais qu'on serait en droit d'attendre de la nourriture qu'ils consomment. Quelques expériences faites dans nos écuries semblent

établir que la perte s'élève au quart des déjections rendues ; mais cette perte n'est souvent qu'apparente, puisque les attelages travaillent le plus fréquemment sur la propriété. Pour l'apprécier, j'ai fait, pendant une année, un relevé du temps passé hors des écuries, par les attelages. J'ai trouvé qu'avec 29 chevaux, il y a eu 2,275 journées employées au dehors, c'est-à-dire à peu près le quart du nombre total de journées pendant lesquelles les 29 chevaux ont été rationnés.

Je donnerai, comme exemple, l'évaluation de l'engrais réel contenu dans le fumier recueilli dans le cours d'une année agricole.

Consommation du fourrage dans l'écurie, l'étable et la porcherie.

		FOURRAGE sec.	AZOTE contenu.
	quintaux.	quintaux.	quintaux.
Foin et regain.....	»	1837	26,20
Trèfle.....	»	562	9,55
Avoine.....	»	153	2,91
Pomme de terre.....	294	71	1,18
Son.....	»	5,5	0,10
Betteraves.....	654	80	1,37
Pois.....	»	4,5	0,17
Paille, litière et aliment.....	»	422	1,27
		3135	42,75

Produits obtenus avec le fourrage.

		POIDS.	AZOTE CONTENU.
		quint.	quint.
Étable	Poids vivant, produit.....	135,4	4,93
	Perte par l'exhalation.....	»	4,51
	Lait.....	282,4	1,54
Écurie	Perte par l'exhalation.....	»	0,92
	Perte par l'absence des chevaux.....	»	1,92
Porcherie..	Poids vivant, produit.....	21,3	0,78
	Perte par l'exhalation.....		0,27
	Somme de l'azote distrait.....		14,87
	L'azote des fourrages consommés....		42,75
	Azote restant.....		27,88
	Représentant : fumier sec.....		1394 »
	Fumier humide.....		6638 » (1)

(1) En admettant 0,21 de matières sèches dans le fumier très-humide.

Cette évaluation théorique se rapporte à la consommation de fourrage effectuée à Bechelbronn, dans l'année 1843-1844. Voici maintenant la quantité de fumier extrait de la fosse depuis le 27 mai 1845 jusqu'au 26 mai 1846.

Pour avoir la moyenne du chargement, nous pesons des séries de 25 voitures à diverses époques de l'enlèvement.

Jusqu'au 22 août, on a enlevé 111 voitures attelées de 4 chevaux chargeant 18 q.	1998 quint.
Jusqu'au 26 mai, 390 voitures attelées de vaches, chargeant 13 quintaux.....	5070
Total.....	7068 quint.

La différence avec l'évaluation théorique est de 430 quintaux. Un semblable calcul fait en 1840-1841 a donné une différence de cet ordre et dans le même sens.

Thaer transforme en foin la nourriture consommée, et, après avoir ajouté la litière, il multiplie par 2,3 pour obtenir le poids du fumier. En appliquant cette formule aux données que je viens de présenter on a :

Aliments consommés.	quintaux.	En foin. quintaux.
Foin et trèfle.....	2,399	2,399
Avoine.....	153	241
Pomme de terre....	394	114
Son.....	5,5	9
Betteraves.....	654	119
Pois.....	4,5	15
Paille.....		422
		3,328

En multipliant par 2,3 on obtient 7,604 quintaux de fumier, c'est-à-dire 536 q. de plus qu'on en a réellement trouvé par les pesées. Il faudrait multiplier par 2,1 pour tomber à 79 quintaux près sur le résultat donné par l'expérience; on a en effet le nombre 6,989.

Sinclair évalue l'engrais de l'étable à quatre fois le poids de la litière (1). Dans le cas particulier qui nous occupe, on arriverait à un résultat erroné, puisque la paille étant environ de 400 quintaux le fumier n'en devrait peser, dans l'opinion de l'agronome anglais, que 1600. On conçoit facile-

(1) Sinclair, *Agriculture pratique et raisonnée*, t. I.

ment que cette manière d'évaluer l'engrais suppose implicitement qu'on pourvoit le bétail d'une litière très-abondante.

Il n'est pas nécessaire, je crois, d'insister sur l'utilité qu'il y a pour le cultivateur à prévoir, avec une exactitude suffisante, l'engrais qu'il doit raisonnablement espérer d'une quantité connue de fourrages. Des moyens indiqués, celui que je propose semble conduire à la prévision la mieux fondée, lorsque surtout les nombres dont j'ai fait usage auront été rectifiés par une expérience plus étendue et par de nouvelles observations.

Voici, au reste, quelques rapports trouvés par des expériences directes entre le poids des aliments et celui des déjections. On entend fréquemment exprimer les opinions les plus exagérées sur la quantité de fumier produite par telle ou telle nourriture. C'est ainsi que la betterave, la pomme de terre sont considérées comme procurant, par leur consommation, une abondance d'engrais extraordinaire. La balance fait justice de toutes ces exagérations; car lorsqu'on pèse, d'un côté la nourriture, de l'autre les déjections, et qu'on tient compte, en outre, de l'humidité, du ligneux des aliments qui, passant inattaqué dans le tube digestif, se retrouve en entier dans les excrements, on arrive à cette conclusion, que les principes alimentaires d'une ration quelconque donnent, à peu de chose près, la même quantité d'engrais azoté, et par conséquent phosphaté, quand ces principes sont consommés par des

animaux se trouvant dans la même condition; d'où l'on voit clairement que c'est surtout par l'intervention d'une bonne et abondante litière que l'on arrive à augmenter la masse des engrais dans un domaine, d'abord parce qu'une litière convenable est déjà un engrais, et qu'ensuite, en s'imbibant, elle assure la conservation des urines qu'il est si important de ne pas laisser perdre.

A l'aide des données que j'ai réunies, on connaîtra facilement la quantité d'engrais fournie par les aliments, puisqu'il suffira d'ajouter le poids de la litière distribuée aux animaux à celui de leurs déjections pour avoir le poids du fumier.

Rapport entre le poids des déjections rendues et celui des aliments consommés par les animaux de la ferme.

DÉSIGNATION des ANIMAUX.	RATIONS.		POIDS des ALIMENTS secs.	DÉJECTIONS, URINE ET EXCRÉM. humides.	DÉJECTIONS, URINE ET EXCRÉM. secs.	LIGNEUX indigestibl. des ALIMENTS.
		kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
Cheval.....	Foin.....	7,50	8,40	15,38	3,83	2,33
	Avoine.....	2,27				
Vache laitière...	Regain.....	7.50	10,49	36,61	4,96	1,67
	Pommes de terre.	15,00				
Vache laitière...	Foin.....	7,50	13,09	34,00	5,16	3,75
	Betterave.....	27,00				
	Paille hachée....	4,50				
Vache laitière...	Betterave.....	64,15	7,83	19,68	2,49	1,41
Vache laitière...	Pommes de terre.	38 47	9,27	22,03	4,83	0,15
Vache laitière...	Regain	15,73	13,24	32,00	5,77	3,38
Veau de 6 mois..	Foin	4,33	3,73	10,79	1,79	1,06
Mouton.....	Foin	0,89	0,77	1,75	0,47	0,22
Porc de 5 mois..	Pommes de terre.	3,82	1,03	2,29	0,14	0,015
	Petit lait.....	2,50				
Porc de 8 mois..	Pommes de terre.	7,00	1,69	0,46	0,27	0,030
Oie à l'engrais..	Maïs	0,39	0,32	4,33	0,04	0,006

Au point de vue de la matière azotée, on doit considérer dans les aliments consommés deux destinations

essentiellement distinctes. Une partie du fourrage devient de l'engrais; de cette fraction, rien ne reste dans l'organisme de l'animal, toute la matière azotée, avec les phosphates, les sels qui l'accompagnent ordinairement, passe au fumier. L'autre partie, que j'ai déjà eu l'occasion de désigner sous le nom de fourrage supplémentaire, acquiert généralement, par le fait de sa transformation en chair, en lait, en laine ou en force, une valeur supérieure à celle qu'elle aurait sur le marché ; c'est à ce supplément qu'appartient l'azote des aliments qui, ne se retrouvant plus dans les déjections, figure dans l'un des précédents tableaux, comme exhalé ou assimilé. Prenons pour exemple une ration de 16 kil. de foin donnée à une vache rendant 8 kil. 54 de lait, dans lesquels il y a 46 gr. d'azote; de plus, dans l'acte respiratoire, 27 gr. d'azote sont dissipés: en tout 73 gr. représentant la matière animalisée de 6 kil. 35 de foin dont les éléments azotés ne concourent en rien à la production de l'engrais. La ration se décompose donc en deux parts : la plus forte, pesant 9 kil. 65 dont les principes animalisés vont au fumier; l'autre, du poids de 6 kil. 35, dont les mêmes principes sont en grande partie utilisés dans la lactation. A ce compte, ces 6 kil. 35 de fourrage auront fourni 8 kil. 54 de lait. Si la presque totalité des éléments azotés de la ration eussent passé dans les déjections, si la vache n'eût pas rendu de lait, et en supposant encore qu'elle n'eût pas augmentée en chair ou en graisse, les 16 kil. de foin auraient fourni l'équivalent de 9 kil. 65 de fumier sec,

au lieu de 5 kil. 55 qu'on obtient dans le cas de la lactation. Pour savoir si les 6 kil. 35 de foin sont plus avantageusement utilisés comme producteurs de lait, que comme producteurs de fumier, toute la question se réduit à comparer la valeur de 8 kil. 54 de lait à celle des 3 kil. 65 d'engrais sec : or, la réponse ne saurait être douteuse; car il est évident que la ration que j'ai nommée supplémentaire, donnant dans l'exemple que j'ai choisi, 135 kil. de lait pour 100 kil. de foin, ne saurait être employée d'un mode plus profitable. Mais, objectera-t-on, est-il suffisamment démontré que les 8 kil. 54 de lait sont attribuables aux 6 kil. 35 de foin, que l'on considère comme ration supplémentaire? En d'autre terme, qu'arriverait-il si l'on retranchait ce supplément de fourrage des 16 kil. de foin employés à l'alimentation de la vache? Voici ce qui arriverait, la ration étant alors réduite à 10 kil. 38 de foin : la vache pesant 600 kilog., ne recevrait plus que 1 kil. 73 de foin pour 100 kil. de poids vivant, régime insuffisant pour une laitière ; elle cesserait bientôt de donner du lait, ou si elle continuait à en produire encore, son poids diminuerait rapidement, jusqu'à ce qu'elle soit parvenue à un certain état de maigreur ; alors la lactation s'arrêterait, et la vache se maintiendrait dans cet état ; à la vérité, presque tous les principes animalisés de ses aliments passeraient au fumier, mais elle ne donnerait plus aucune rente, comme il arrive toutes les fois qu'un animal est mis à la ration d'entretien, c'est-à-dire lorsqu'il est à un régime juste suffisant pour entretenir la vie, mais

incapable de produire de la chair, du lait ou de la force. Je vais maintenant appliquer les considérations précédentes au bétail en voie de croissance.

Un veau de 6 mois, pesant 168 kil., en recevant 4 kil. 33 de foin, peut augmenter, par jour, de 0 kil. 63, poids vif, dans lequel nous admettons 22 gr. 7 d'azote. On a constaté, en comparant la composition de l'aliment à la composition des déjections, que l'azote fixé ou dissipé en 24 heures, s'élevait à 30 gr. 2. D'après ces résultats, la quantité de foin contenant cette dose d'azote est 1 kil. 89 (1). Dès lors, la ration se décompose ainsi :

Foin ; $2^k,44$ dont les principes animalisés vont au fumier
$1^k,89$ dont les mêmes principes concourent à la production de poids vivant.

$4^k,33$

On trouve, dans ce second exemple, que la ration supplémentaire de la ration d'entretien, donne, pour 100 kil. de foin, un accroissement de poids vif de 33 kil. 3.

Lorsqu'il s'agit du cheval, la ration supplémentaire doit être appréciée en force. Ainsi, un cheval consommant 7 kil. 50 de foin (2) et 2 kil. 27 d'avoine, reçoit dans ses aliments, des principes animalisés dont l'azote est 139 gr., tandis que les déjections n'en renferment que 115 gr. La différence, 24 gr., équivaut par conséquent à 1 kil. 85 de foin dont les principes

(1) Le foin consommé contenait 0,016 d'azote.
(1) Le foin employé contenait $1^k,29$ d'azote.

animalisés sont perdus pour le fumier; mais c'est à cette fraction de la ration que l'on doit attribuer la force dépensée par l'animal. A la perte pour les engrais, il faut ajouter la perte accidentelle provenant de l'absence des attelages que nous avons évaluée, d'après l'observation, au quart de la totalité du fumier, ou si l'on veut, pour simplifier, au quart de l'azote retrouvé dans les déjections ; on a alors 28 gr. d'azote pour représenter la perte accidentelle, et 53 gr. de la même substance comme l'équivalent de la totalité des principes azotés et phosphatés distraits des engrais. Ces 53 gr. d'azote étant contenus dans 4 kil. 08 de foin, c'est cette quantité de fourrage, ne concourant plus à la formation du fumier, qui est soldée par le travail du cheval pendant un jour. Ainsi, en pratique, dans l'économie d'une ferme, il y a lieu de croire qu'en retour de 100 kilog. de foin perdu pour les engrais, on obtient du cheval 24 journées de travail.

En discutant de la même manière ce que produisent les rations supplémentaires consommées par les porcs, les bœufs, les oiseaux de basse cour, on arrive à ce résultat, que le fourrage de la ration supplémentaire, ajouté à celui qui est indispensable à la production de l'engrais, acquiert généralement par le fait de sa transformation en forces ou en matières exportables, une valeur bien supérieure à celle qu'il aurait eu sur le marché. Cet excès de valeur atténue les pertes que le cultivateur éprouve sur le bétail qu'il est obligé d'entretenir pour se procurer des fumiers, lorsque comme cela arrive fréquemment en France, cet entretien

obligé est une opération désavantageuse en elle-même.

En réfléchissant attentivement sur les faits qui viennent d'être exposés, on sera convaincu, contrairement à l'opinion commune, que le bétail n'est pas un producteur, mais bien un destructeur d'engrais. En effet, nous savons que les déjections d'une vache ne contiennent plus, à beaucoup près, les éléments utiles du fumier qui préexistaient dans le fourrage ; et l'analyse chimique indique quelle est, dans diverses circonstances d'alimentation, la nature et les éléments de la quantité qui, arrêtés au passage, entrent dans le corps de l'animal pour ne plus en sortir. Ce n'est pas à dire cependant que, dans le cas même où l'étable ne donne aucun bénéfice, il devienne préférable d'employer directement le fourrage comme engrais, parce que l'expérience démontre que la fraction d'aliment assimilée par le bétail acquiert une valeur telle, qu'il y a un gain évident à favoriser son assimilation. Quant à l'autre fraction de la nourriture échappée à l'assimilation, elle donne en principes fertilisants précisément ce qu'elle donnerait si, au lieu de la soumettre à l'action digestive, on lui faisait subir la fermentation putride, ou bien encore si on l'incorporait immédiatement au sol. Je raisonne ici dans la supposition où les déjections rendues par les animaux sont recueillies avec le plus grand soin ; s'il en était autrement, si la déperdition était considérable, il pourrait être préférable de transformer directement le fourrage en engrais. On a dit que les produits de la digestion qui

vont au fumier, se putréfiant plus rapidement que les matières végétales, agissent aussi plus promptement sur les plantes. Cela est vrai, mais on ne doit pas exagérer cet avantage d'une action plus rapide qui ne saurait, après tout, compenser une perte tant soit peu forte de principes fertilisants. L'expérience prouve d'ailleurs que les matières végétales sont des engrais actifs; il suffit, par exemple, de rappeler la fertilité qu'on imprime au sol en retournant une prairie, et l'amélioration que reçoit un champ de froment, quand il a eu pour fumure un trèfle enfoui en vert. C'est surtout les fourrages peu nutritifs, qu'on fait passer directement aux engrais; ainsi, dans une ferme très-habilement dirigée, j'ai vu mettre en putréfaction de très-fortes quantités de paille qu'on eut fait difficilement consommer sans augmenter le nombre des animaux. Dans un établissement où l'entretien des bêtes à cornes est reconnu désavantageux, c'est principalement par l'abondance des litières que l'on pousse à l'accroissement ou plutôt à la conservation des engrais. Je dis à la conservation, car dans la culture arable, quelque soit le système que l'on suive, la production des fumiers est toujours assez lente, puisque les nouveaux éléments de fertilité acquis dérivent de l'atmosphère, et que leur accumulation dépend de la réserve qu'on s'impose dans l'exportation des denrées récoltées. C'est uniquement par la prairie naturelle ou permanente qu'on arrive à créer promptement des engrais, sans trop restreindre l'exportation des produits cultivés. La raison en est facile à saisir, c'est qu'en principe il

faut, autant que les circonstances le permettent, produire de l'engrais avec des fourrages qui n'empruntent que peu ou point au domaine : tel est le foin, parce que dans la prairie irriguée, située dans un bon fond, il se développe aux dépens de matière fertilisante, accumulée dans le sol, ou apportée par les eaux.

CHAPITRE XIX.

TRAVAIL EXIGÉ PAR LES DIVERSES CULTURES.

Prix de revient des denrées exportables. — Valeur du fumier.

La nature du sol a nécessairement la plus grande influence sur la somme de travail que les cultures exigent. Dans une terre forte, les labours, la récolte des racines, les façons ne s'exécutent pas, à beaucoup près, aussi facilement que dans une terre légère. C'est pourquoi il est difficile d'appliquer les données économiques obtenues dans une contrée, à telle ou telle autre localité. Il faudrait, pour que la comparaison fût possible, qu'il y eût, non-seulement identité de terrain, mais en outre, que cette identité s'étendît au degré de perfection des instruments aratoires, comme à l'habileté des ouvriers.

J'ai réuni dans un même tableau le nombre des journées d'homme et de journées de cheval employées à exécuter les différentes façons, selon qu'elles sont faites dans un sol très-fortement argileux, ou dans une terre meuble comme l'est, par exemple, celle des environs

de Strasbourg. Ce sont là, je crois, les deux extrêmes de l'échelle. Les résultats relatifs à la terre argileuse ont été déduits d'un relevé des comptes tenus à Bechelbronn; les autres, je les dois à un cultivateur très-habile, M. E. Oppermann.

TABLEAU.

Digitized by Google

FAÇONS SUR UN HECTARE.	DECHELBRONN, terres fortes. JOURNÉES (1).		STRASBOURG, terres légères. JOURNÉES.	
	homme.	cheval.	homme.	cheval.
Chargement du fumier pour la plante sarclée.	6,3	»	4	»
Transport du fumier..	3,6	14,5	2,5	10
Distribution du fumier.	4,1	»	2,5	»
Labour, profondeur moyenne.....	4,9	8,3	2,5	5
Posage des pommes de terre dans les sillons.	5,3	»	»	»
Plantation des pommes de terre à la main..	»	»	11	»
Repiquage des plants de betteraves.....	29,4	»	»	»
Semaille des betteraves.	»	»	12	»
Semaille des céréales, hersage.....	0,8	1,6	0,8	1,6
Travail au rouleau....	»	»	0,4	»
Binage et sarclage des pommes de terre...	20,3	»	10	0,6
Buttage des pommes de terre.....	16,3	»	12	»
Binage et sarclage des betteraves.....	24,5	»	10	»
Récolte de la pomme de terre.....	55,3	»	35	»
Rentrée, emmagasinage de la récolte.....	3	3,5	9	»
Récolte et effeuillage de la betterave, rentrée.	35,6	4,5	35	10
Faucillage et bottelage du blé.....	15	»	15	8
Fauchage et bottelage de l'avoine.....	14	»	»	»
Fauchage de l'orge, on charge sans botteler.	»	»	5	»
Fauchage d'une coupe de trèfle.....	5	»	5	»
Fanage du trèfle.....	7	»	6,5	»
Fauchage et fanage du foin, 17 à 20 fr. à façon.				

(1) Par des circonstances de situation, les journées de travail sont probablement un peu plus nombreuses que dans les conditions ordinaires de culture.

Digitized by Google

Si, connaissant toutes les façons reçues par une culture, on cherchait à évaluer la somme de travail effectué d'après les éléments contenus dans le tableau précédent, on s'exposerait à des erreurs d'autant plus graves, que la surface du terrain que l'on aurait à considérer, serait elle même plus étendue. C'est qu'il est des éventualités qui font varier presque chaque année les travaux des champs ; c'est qu'il est telle circonstance, par exemple, où il importe de hâter, par tous les moyens possibles, fussent-ils dispendieux, la rentrée d'une récolte menacée d'un temps défavorable. Il serait d'ailleurs fort difficile de faire figurer dans les façons ordinaires, soit des travaux accidentels, soit des dépenses à répartir sur l'ensemble des terrains cultivés, parce qu'ils sont d'une utilité générale.

J'ai pensé que, pour arriver à une expression aussi exacte que possible de la force employée dans les différentes cultures de l'assolement, il fallait faire, pour chaque sole, le relevé de toutes les journées d'hommes et d'animaux, quel qu'ait été d'ailleurs le genre de travail auquel ces forces aient été appliquées. En conséquence, dans le compte ouvert à chaque culture, j'ai pris les journées d'homme, de femme, de cheval, de vache qui y sont inscrites, puis, j'ai divisé par la surface de la sole, pour rapporter ces journées à ce qu'elles auraient été pour la surface d'un seul hectare. Voici le résultat auquel je suis parvenu en dépouillant les documents d'une comptabilité qui embrasse plusieurs années :

FORCES EMPLOYÉES SUR UNE SURFACE D'UN HECTARE PENDANT UNE ANNÉE.

	JOURNÉES EMPLOYÉES.				PRODUITS PAR HECTARE.		
	d'homme.	de femme.	de cheval.	de vache.			
Prairies permanentes, hautes et basses, irrigations, entretien, améliorations, terrage, rentrées	27,7	3,0	8,0	1,6	Foin et regain	kil. 4,345	
Culture de la pomme de terre, mise en silos, fumure	162,2	36,6	30,7	9,8	Pommes de terre	12,233	semence déduite.
Culture de la betterave, mise en silos, fumure	110,7	86,9	42,7	18,4	Racines Feuilles	26,347 3,900	
Culture du froment, moisson, rentrée, battage à la machine	52,0	4,1	22,3	3,0	Froment Paille	1,468 3,244	= 18,58 h. semence déduite.
Culture du trèfle, coupe, rentrée en vert et en sec	46,0	4,0	5,5	5,3		5,805	
Culture de l'avoine, moisson, rentrée battage	41,7	6,2	25,7	2,6	Avoine Paille	1,527 1,874	= 32,49 h. semence déduite.
Culture du topinambour, sole permanente	70,0	16,5	37,0	»		26,500	

Le foin étant la base de la nourriture des animaux entretenus dans un établissement rural, nous devons chercher d'abord quel est le prix de culture de ce fourrage. Les données qui nous serviront dans cette recherche seront d'ailleurs applicables aux soles arables.

En moyenne nous payons :	la journée d'un homme	0 fr.	90 c.
	la journée d'une femme	0	80

On peut exprimer la valeur de la journée d'un cheval ou d'une bête de rente par le fourrage consommé.

Un cheval, en y comprenant 2 kil. de paille de litière, et maintenu en bonne condition de travail avec l'équivalent de 16 kil. de foin.

Une vache de travail avec 18 kil. de foin ou de regain. Le prix moyen d'achat d'un cheval de trait, âgé de 5 à 6 ans est de 550 francs. En estimant la durée du service à 12 ans, l'intérêt annuel de la somme employée, inclus l'amortissement est de 73 fr. 33 ou par jour 0 fr. 20.

Une vache de 500 à 600 kil. vaut 300 francs. L'intérêt du capital d'achat est de 15 francs par an, ou 0 fr. 04 par jour. Il n'y a pas d'intérêt d'amortissement à faire intervenir, puisqu'une vache est engraissée et souvent vendue avec profit quand on la juge hors de service. C'est, des animaux de trait, celui qui présente le moins de chances désavantageuses. La vache ne chaume jamais, elle produit toujours, soit du lait, soit du travail, soit de la chair.

Digitized by Google

La valeur moyenne de l'hectare de prairies irriguées et non irriguées a été établie à 3,607 fr. L'intérêt de cette valeur à 3 pour cent, le prix de fermage, est par conséquent de 108 fr. 21. Ajoutant 8 francs pour l'impôt foncier on a 116 fr. 21 pour le prix annuel du loyer. Avec ces données, j'établis le prix de revient des 100 kil. de foin de la manière suivante :

FRAIS DE CULTURE, DE RÉCOLTE, ET DU TRANSPORT DES PRODUITS D'UN HECTARE DE PRAIRIE.

Valeur de l'hectare 3,607 fr.

	fr.	c.
27 7/10 journées d'homme à 0 fr. 90 c.	24	93
3 journées de femme à 0 80	2	40
Intérêt pour 6 mois, à 5 p. 100 des dépenses en journ.	0	68
8 journées de cheval à 16 k. de foin à 3 f 70 les 100 k.	4	74
Intérêt de la valeur du cheval pour 8 jours	1	60
1 6/10 journées de vache à 18 k. de foin	1	08
Intérêt de la valeur de la vache	0	06
Intérêt pour 6 mois de la valeur du fourrage à 5 p. 100.	0	14
Salaire du maître-ouvrier 4 f. 20 et intérêt pour 6 mois.	4	30
Impôt (moyenne) et intérêt pour 6 mois	8	26
Loyer du fond à 3 p. 100 de la valeur	108	21
	156	34
Foin et regain récoltés sur un hectare 4,345 kil.		
Le prix de 100 kil. de foin est	3	60

FRAIS DE CULTURE D'UN HECTARE DE POMMES DE TERRE Y COMPRIS LA MAIN D'ŒUVRE DE LA FUMURE, SERVANT AUSSI AUX SOLÉS QUI SUCCÈDENT A LA PLANTE SARCLÉE.

Valeur de l'hectare 3,000 fr.

	fr.	c.
102 journées d'homme à 0 fr. 90 c.	91	80
36 6/10 journées de femme à 0 fr. 80 c.	29	28
Intérêts pour 6 mois des frais de journées	3	03
30 7/10 journées de cheval à 16 k. de foin à 3 f. 60 le q.	17	68

Intérêt de la valeur du cheval	0 14
9 8/10 journées de vaches à 18 k. de foin et regain	6 34
Intérêt de la valeur de la vache	0 39
Intérêt pour 6 mois du fourrage consommé	0 60
17 quintaux de semence à 5 f. le q. 85 f. Intér. à 5 p. 100.	4 25
Salaire du maître-ouvrier et intérêt pour 6 mois	4 30
Impôt et intérêt	8 20
Loyer du fond à 3 pour 100 de la valeur	90 00
	262 01

Pommes de terre produite sur un hectare 12,233 k.
Le prix de culture pour 100 kil. est 2 14

FRAIS DE CULTURE DE LA BETTERAVE SUR UN HECTARE Y COMPRIS LA MAIN D'ŒUVRE DE LA FUMURE POUR LES SOLES SUIVANTES.

	fr. c.
110 71/0 journées d'homme à 0 fr. 90 c.	99 63
86 9/10 journées de femme à 0 80	69 52
Intérêts pour 6 mois des frais de journées	4 24
42 7/10 journées de cheval à 16 k. de foin	24 59
Intérêt de la valeur du cheval	8 54
18 4/10 de journée de vache à 18 k. de foin	11 92
Intérêt de la valeur de la vache	0 74
Intérêt pour 6 mois de la valeur du fourrage	0 92
Salaire du maître-ouvrier et intérêt pour 6 mois	4 30
Impôt et intérêt	8 20
Loyer du fond	90 00
	322 60

Betteraves récoltées sur un hectare 26347 kil.
Prix de culture de 100 kil. 1 22

FRAIS DE CULTURE DU FROMENT SUR UN HECTARE Y COMPRIS LA RENTRÉE ET LE BATTAGE A LA MACHINE.

	fr. c.
52 journées d'homme à 0 fr. 90 c.	46 80
4 1/10 journées de femme à 0 80	3 28
Intérêt des frais de journée pour 6 mois	1 25
22 3/10 journées de cheval à 16 k. de foin	12 85
Intérêt de la valeur du cheval	4 46

Google

3 journées de vache à 18 k. de foin	1 64
Intérêt de la valeur de la vache	0 12
Intérêt pour 6 mois du fourrage consommé	0 38
2 hectolitres de semence, 38 fr., intérêt à 5 pour 100	1 90
Salaire du maître-ouvrier et intérêt	4 30
Impôt et intérêt	8 20
Loyer du fond	90 00
	175 48

Le froment récolté sur un hectare est 18,58 hect.

En poids..... 1,868 kil.

Paille et balles..... 3,244

La paille évaluée à 1 fr. 25 c., donnerait	40 55
La dépense pour le grain devient	134 93
Le prix de culture de l'hectolitre de blé	7 26

FRAIS DE CULTURE D'UN HECTARE DE TRÈFLE, FANAGE ET RENTRÉE.

	fr.	c.
46 journées d'homme à 0 fr. 90 c.	41	40
4 journées de femme à 0 80	3	20
Intérêt des frais de journées pour 6 mois	1	12
5 5/10 journées de cheval à 16 kil. de foin	3	17
Intérêt de la valeur du cheval	1	10
5 5/10 journées de vache à 18 k. de foin	3	56
Intérêt de la valeur de la vache	0	22
Intérêt pour 6 mois du fourrage consommé	0	18
Salaire du maître-ouvrier et intérêt	4	30
25 litr. de semence, 25 fr., et intérêt à 5 pour 100	26	25
Impôt et intérêt	8	20
Loyer du fond	90	00
	182	70

La récolte de trèfle fané est 5805 kil.

Le prix de culture des 100 kil	3	15

FRAIS DE CULTURE D'UN HECTARE EN AVOINE Y COMPRIS LA RENTRÉE, LE BATTAGE ET LE TRANSPORT D'UN SUPPLÉMENT DE FUMIER.

	fr.	c.
47 7/10 journées d'homme à 0 fr. 90 c.	37	53
6 2/10 journées de femme à 0 80	4	96

Intérêt pour 6 mois des frais de journées	1 06
25 7/10 journées de cheval à 16 kil. de foin	14 80
Intérêt de la valeur du cheval	5 14
2 6/10 journées de vache à 18 kil. de foin	1 70
Intérêt de la valeur de la vache	0 10
Intérêt pour 6 mois du fourrage consommé	0 41
50 litr. de semence, à 9 fr. 50 c., valeur 33 f. 25 intérêt.	1 66
Salaire du maître-ouvrier et intérêt	4 30
Impôt et intérêt	8 20
Loyer du fond	90 00
	169 86
L'avoine récoltée sur un hectare est 32,49 hect.	
En poids 1,527 kil.	
Paille à 1 fr. 25 1,874	23 42
La dépense pour le grain devient	146 44
Le prix de culture de l'hectolitre d'avoine	4 54

A ces frais de culture des différentes soles, on doit ajouter ceux de la confection des fumiers. Il faut donc rechercher quelle est la quantité de matières nutritives récoltées qu'on doit consommer dans l'exploitation ; c'est alors que nous connaîtrons le bénéfice qu'on peut attendre de l'assolement et de la prairie, puisque nous aurons déterminé par là, la proportion des récoltes dont on disposera pour le marché.

Afin de faciliter cette recherche sans m'éloigner de la réalité, je supposerai un domaine de 100 hectares, ayant une moitié de sa surface en prés, et l'autre moitié divisée en cinq soles de dix hectares chacune. Les renseignements qui vont suivre, n'ont rien d'hypothétique, je les prends dans notre exploitation, aussi auront-ils, par cela même, l'inconvénient d'être spéciaux. Je maintiendrai seulement l'égalité des soles, bien que tout agronome sache très-bien qu'il n'est pas

toujours possible de conserver tous les ans une symétrie parfaite dans les divisions de l'assolement. J'ai élagué aussi, pour simplifier, quelques cultures de convenance, qui, au reste, n'occupent jamais qu'une place limitée, empiétant tantôt sur la plante sarclée, tantôt sur les céréales. C'est aussi pour simplifier que je considérerai, sous le rapport de leur poids pris en masse, les bêtes de rente.

L'assolement de cinq ans, dont il va être question, se compose, pour les 50 hectares de terres arables

De 10 hect. de pommes de terre ou better.	1re année,	fumée.
10 hect. de froment...	2e année	
10 hect. de trèfle.....	3e année	
10 hect. de froment.....	4e année	
10 hect. d'avoine.....	5e année	1/2 fumure.

Pour obtenir le fumier nécessaire à ces cinquante hectares, et à la bonification annuelle de dix hectares de prairies, particulièrement des prairies hautes, il faut compter sur les déjections d'un nombre d'animaux pesant de 315 à 320 quintaux; c'est environ l'équivalent d'une tête de bétail de 5 à 6 quintaux pour chaque hectare à fumer.

Pour peu que les principales prairies soient éloignées du domaine, comme c'est le cas dans l'exemple que je choisis, il faut disposer de cinq attelages, ou d'un effectif de dix chevaux, surtout quand on peut les utiliser lors du chômage du travail agricole. Les animaux indispensables, pour assurer la *fumure* de la surface indiquée, se répartissent ainsi :

DÉSIGNATION DES ANIMAUX.	POIDS MOYEN.	PRIX MOYEN.	POIDS TOTAL.	VALEUR.
	kil.	fr.	quint.	fr.
10 chevaux.....	550	550	55	5500
2 taureaux de 2 à 3 ans....	700	300	14	600
8 bœufs.....	560	200	45	1600
25 vaches, laitières et à l'engrais (1).....	»	300	151	7500
Veaux, génisses, taurillons à 45 fr. les 100 kil,.....	»	»	37	1665
Porcs à 50 fr. les 100 kil..	»	»	15	750
			317	13615

(1) Environ 20 vaches laitières, dont 10 travaillent ; une partie du lait consommé dans l'étable et dans la porcherie.

Un relevé fait sur les comptes des étables et de l'écurie montre, que, dans une année, la consommation et la nature des aliments seraient comme il est indiqué ci-après :

TABLEAU.

FOURRAGES.	ÉCURIE.	ÉTABLE.	PORCHERIE.	SOMME du fourrage.	EN FOURRAGE sec.
	quint.	quint.	quint.	quint.	quint.
Foin et regain.....	327	1510	»	1837	1837
Trèfle supposé fané..	65	490	7	562	562
Avoine (en hectolitre, total, 325,5).....	134	3	16	143	153
Pommes de terre....	14	242	38	294	71
Son.....	3	»	2 1/2	5 1/2	5 1/2
Betteraves.....	»	654	»	654	80
Pois.....	»	4 1/2	»	4 1/2	4 1/2
Paille (litière).....	86	294	42	422	422
					3135

En prenant pour bases les données dont on a fait usage dans le précédent chapitre, on trouve, d'un côté, que ces fourrages contiennent 44 quintaux 70 d'azote, et de l'autre, que dans l'étable, l'écurie et la porcherie, il y a eu de fixé, d'exhalé ou de perdu 14 quintaux 87 d'azote.

On a ainsi :

	quint.
Azote des fourrages.....	44,70
Azote distrait par les animaux...	14,87
Azote restant dans les déjections et la litière.....	29,83

Or, 29 quintaux 83 d'azote représentent, d'après ce que nous avons établi plus haut, 1492 quintaux de

fumier sec (1) ou 7103 quintaux de fumier humide (2). C'est-à-dire qu'on pourra disposer annuellement de 11840 kil. de fumier pour chaque hectare, en y comprenant les 10 hectares de prairies à bonifier.

Je rappellerai que l'étable et la porcherie produiront dans une année :

	quint.	
Les 247 quint. des étables.	135,4	de poids vivant.
	282,4	de lait.
Les 15 quint. de porcs....	21,3	de poids vivant.

On aura le prix de ce fumier, et par suite celui des denrées exportables de l'assolement, en portant à la charge des animaux, les aliments et l'intérêt du capital engagé dans l'acquisition des chevaux et des bêtes de vente, et en déduisant de cette dépense, les produits provenant des étables et le travail fourni par l'écurie. L'entretien des chevaux et du bétail employés dans les travaux de la culture étant déjà estimé dans le compte particulier à chaque bête, il convient, après avoir sommé les journées de cheval et de vache, de décharger la dépense en fourrage des écuries et des étables, des rations consommées par ces animaux pendant le temps où ils ont été utilisés à la charrue ou à la voiture.

Tableau.

(1) A 0,02 d'azote dans le fumier sec.
(2) Admettant 0,21 de matière sèche dans le fumier humide.

	JOURNÉES DE cheval employé par hect.	JOURNÉES DE vaches employées par hect.	SURFACE réelle.	JOURNÉES de cheval.	JOURNÉES de vaches.
Prairies.....	8	1,6	50	400	80
Pommes de terre.	30,7	9,8	7	214,9	68,6
Betteraves.....	42,7	18,4	3	127,1	55,2
Froment.....	22,3	3,0	20	446,0	60,0
Trèfle.....	5,5	5,5	10	55,0	55,0
Avoine.....	25,7	2,6	10	257,0	26,0
				1500,0	344,8
		quintaux.		hectolit.	quintaux.
(1) 1500 journées de cheval exigent, foin.....	.....	150	Avoine...	112,5	30
345 journées de bétail.....	.....	60		»	7
		210		112,5	37

(1) Dans le compte de chaque hectare de culture, j'ai évalué en foin la consommation des chevaux. Ici je substitue la ration la plus ordinairement adoptée : foin, 10 kil.; paille 2 kil.; avoine 7,5 litres.

Ces quantités étant retranchées de la consommation générale des fourrages, il reste à porter en compte :

TABLEAU.

FOURRAGES.	PRIX DE CULTURE.	QUANTITÉS consommées	VALEUR.
	fr. c.		fr. c.
Foin et regain, quint.....	3 60	1627	5857 20
Trèfle fané.....	3 15	562	1770 30
Avoine, hectol.....	4 54	213	967 02
Pommes de terre, quint.....	2 14	294	629 16
Betteraves..	1 22	654	797 88
Pois (prix d'achat), hectol..	20 00	4 1/2	90 00
Paille, quint.....	1 25	385	481 25
			10572 81

L'état suivant donne les dépenses générales des étables et des écuries.

DÉPENSES SUPPORTÉES PAR LES ÉTABLES ET L'ÉCURIE, FRAIS GÉNÉRAUX QUI N'ONT PAS ÉTÉ MIS A LA CHARGE DES CULTURES.

	fr. c.
Alimentation au prix de culture.....	10592 81
Intérêt à 6 p. 100 du capital en bétail et porc (8115 f.).	486 90
Intérêt à 13 1/3 p. 100 du cap. en chev. (5500 f.) (1)	433 15
Gages : du vacher.....	417 40
de la vachère.....	392 00
du porcher.....	448 00
de trois garçons de charrue à 450 f. 40 c..	1369 20
Intérêts pour 6 mois des dépenses en gages.....	73 85
Travail : du forgeron.....	401 15
du charron.....	169 10

(1) En déduisant l'intérêt déjà compté de 1500 journées de cheval employées dans la culture.

du tonnellier.....	11 40
du bourrelier.....	212 80
Bottelage du foin et de la paille.....	233 65
Intérêt pour 6 mois à 5 0/0 de dépens. mentionn..	25 70
Solde du vétérinaire et médicaments.....	109 30
Pour châtrer 33 porcs et 5 taureaux.....	15 60
Fournitures diverses ; huile, sel, cuir, etc.....	542 10
Valeur des voitures, charrues, harnais, machines, outils évalués suivant inventaire à 7300 fr., intérêt à 10 pour 100.....	730 00
	16664 11

PRODUITS DES ÉTABLES ET DE L'ÉCURIE.

	quint.	fr.	c.
Poids vivant acquis par l'étable à 42 f. 50 c. les 100 k.	135	5737	50
Lait qui n'a pas été consommé pour l'élève à 12 f. le quintal (97 litres).....	282	3384	00
Poids acquis par la porcherie, à 60 fr. les 100 kil...	21	1260	00
1290 journ. de chev. disponibles, à 2 f. par journ. (1).		2580	00
		12961	50

Le produit des étables et de l'écurie ne couvre pas la dépense; et comme la perte est occasionnée par la nécessité d'assurer la fumure du sol, il s'ensuit qu'elle exprime le prix de la production du fumier.

(1) En déduisant de l'année 56 jours pour les dimanches et fêtes, 30 jours pour les chômages et repos obligés, il reste 279 jours de travail effectif pour chaque cheval, ou 2790 journées pour les cinq attelages. Retranchant encore de ce nombre 1500 jours de travail employés à la culture et déjà soldés, il reste 1290 journées disponibles qui, estimées à 2 francs, constituent une valeur de 2580 fr. Quand, ce qui est toujours à désirer, il y a une industrie annexée à l'exploitation agricole, on trouve facilement l'emploi de ces journées; dans le cas contraire, on doit réduire, autant que possible, les attelages des chevaux, et faire exécuter la plus grande partie des travaux par le bétail.

	fr.	c.
L'entretien des chevaux et du bétail, porcs, etc., a coûté.	16664	11
Les produits en lait, en chair et en forces, ont été.....	12961	50
La différence représentant la valeur de l'engrais, est....	3702	61

Cette valeur, répartie sur 60 hectares, grève chaque hectare de 61 fr. 71 c. pour frais annuel d'engrais (1). Comme avec les fourrages et la litière consommés on obtient 7,103 quintaux de fumier, le quintal revient à 0 fr. 52 ou à 9 fr. 36 c. la voiture de 18 quintaux traînée par un attelage de quatre chevaux.

En introduisant l'élément de la valeur de l'engrais dans le prix de culture, on obtient le prix de revient des divers produits de l'assolement.

	fr.	c.		fr.	c.
Prix du quint. de foin et regain...	3	88	prix moy. de v.	5	50
de pomm. de terre..	2	65		4	50
de betteraves.....	1	46		1	90
de l'hectol. de froment.....	10	58		19	00 (2)
du quintal de paille de froment.	1	25		2	50
de trèfle fané.....	4	21		5	50
de l'hectol. d'avoine.....	6	41		9	50
du quintal de paille d'avoine...	1	25		2	00

En comparant les prix de revient à ceux de la vente, on voit que la différence, en faveur de la production est assez considérable pour assurer un profit convenable; mais on ne doit pas perdre de vue que,

(1) Comme 1 hectare de prairie ne reçoit par an que le cinquième de la fumure d'un hectare de terre, l'hectare de pré n'est grevé que de 12 fr. 34 c.

(2) On voit par le prix affecté au froment, l'époque à laquelle ce chapitre a été écrit; les circonstances ne sont plus les mêmes aujourd'hui.

pour retirer tous les avantages de cette différence, il faudrait pouvoir exporter la totalité des denrées récoltées. Or, on est loin de réaliser une semblable exportation, puisque une grande partie des fourrages doit être consommée sur place pour concourir de nouveau à la confection du fumier. En un mot, les prix auxquels nous sommes arrivés, appliqués à la partie exportable des récoltes, et comparés aux prix du marché, ne donneraient pas encore le bénéfice net, par la raison que les fourrages consommés sur place ne pouvaient être et n'ont été comptés qu'aux prix de culture, bien qu'une partie proportionnelle de la dépense doive leur être attribuée. Pour constater le gain total fait par le cultivateur, on peut évaluer les denrées exportables aux simples prix de culture, et, du bénéfice résultant de la vente des mêmes denrées au prix du marché, il faut soustraire la valeur du fumier consommé, ou, ce qui est exactement la même chose, la perte éprouvée par les étables et l'écurie. Le tableau suivant contient les éléments nécessaires pour arriver à la solution de la question.

TABLEAU.

CULTURES.	SURFACE cultivée.	PRODUIT PAR HECTARE, semence déduite.	PRODUIT des SOLES.	QUANTITÉS consommées dans le domaine.	QUANTITÉS exportables.	PRIX de CULTURE.	VALEUR DES PRODUITS exportables au prix de culture.	PRIX moyens du MARCHÉ.	VALEUR marchande DES PRODUITS exportés.	BÉNÉFICE réalisé SUR LA VENTE.
	hectare.	quintaux.	quint.	quint.	quint.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
Prairies.....	50	43,45	2172,5	1837,0	335,5	3,60	1207,80	5,50	1845,25	637,45
Pommes de terre.	7	122,33	856,3	293,6	562,7	2,14	1204,18	4,50	2532,15	1327,97
Betteraves.....	3	263,47	790,4	654,2	136,2	1,22	166,16	1,60	217,92	51,76
		hectol.	hectol.		hectol.					
Froment.....	20	18,58	371,6	»	371,6	7,26	2697,82	19,50	7246,20	4548,38
		quint.	quint.	quint.						
Paille.....	20	32,44	648,8	422,0	226,8	1,25	283,50	2,50	567,00	283,50
Trèfle.....	10	58,05	580,8	561,2	19,6	3,15	61,74	5,50	107,80	46,06
		hectol.	hectol.	hectol.	hectol.					
Avoine.....	10	32,49	325,0	325,0	0.0	4,54	»	9,50	»	»
		quint.	quint.							
Paille.....	10	18,74	187,4	»	187,4	1,25	233,75	2,00	374,80	141,05
Gain réalisé sur la vente, en portant les denrées au prix de culture...										7036,17
Dépense en fumier...										3702,61
Bénéfice net....										3333,56

Si nous recherchons maintenant avec quelles avances le fermier obtient ce bénéfice net, nous trouvons, en retranchant des dépenses de culture, l'intérêt de ces avances et le prix du loyer qu'il ne paye en réalité, à la fin de l'année, qu'avec le produit de ses récoltes, qu'il faut, en y comprenant la valeur des semences :

	hect.	fr.	c.
Pour Les prairies	50	2267	50
La sole de pommes de terre	7	1696	10
La sole de betteraves	3	653	58
La sole de froment	20	2301	40
La sole de trèfle	10	885	53
La sole d'avoine	10	1044	40
Capital engagé dans les animaux		13605	00
Capital nécessaire pour payer les domestiques		2626	60
Sommes disponibles pour payer divers travaux, charron, bourrelier, etc		1153	00
Id. pour diverses fournitures courantes, huile, etc		542	10
Valeur des instruments, voitures, charrues, harnais, outils, etc		7300	00
Capital total dont le fermier a besoin		34085	21

Dans les comptes particuliers déjà mentionnés, on a porté l'intérêt du capital engagé à 5 pour 100. Le bénéfice net réalisé par la culture, est donc en sus de cet intérêt. On aurait alors, en admettant pour le capital nécessaire 34085 fr. 21, un profit de 9,78 pour 100. C'est-à-dire que le capital engagé par le fermier pour exploiter 100 hectares de terre dans les conditions que nous avons supposées, rapporterait brut 14,78 pour 100.

Pour le propriétaire du sol qui serait son propre fermier,

Il est clair que le capital foncier étant.....	330350 fr.
le capital du fermier.....	34085
le capital total serait.....	364435
La rente se décomposerait, en rente de loyer à 3 0/0.	9910 50
rente de 34085 à 14,78 0/0.....	5037 76
	14948 26

Ainsi, dans les circonstances ordinaires le propriétaire en faisant valoir par lui-même et avec ses propres capitaux, retirerait de ses terres environ 1 pour 100 de plus qu'il n'en tire en les affermant.

CHAPITRE XX.

CONSIDÉRATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

§ I. Température.

Les phénomènes de la végétation s'accomplissent toujours sous l'influence d'un certain degré de chaleur. S'ils exigent, en outre, le concours de la lumière, de l'air, de l'humidité et de diverses substances inorganiques, il est néanmoins établi que ces agents ne contribuent au développement d'une plante qu'autant qu'ils sont favorisés par une température convenable, variable selon les différentes espèces végétales, et qui se trouve comprise entre des limites assez éloignées. Ainsi, la germination s'effectue depuis trois ou quatre degrés au-dessus de 0 jusqu'à quarante à cinquante degrés. Les plantes des forêts équatoriales prospèrent dans une atmosphère chaude et humide, et j'ai rencontré sur les montagnes des Andes une saxifrage au delà du niveau des neiges perpétuelles, à 4,800 mètres de hauteur absolue, près du point de la congélation constante.

Il est des familles végétales qui ont besoin, pour exister, d'une atmosphère dont la température ne s'a-

baisse jamais au-dessous d'une limite déterminée ; telles sont la plupart des plantes intertropicales. Il en est d'autres qui, tout en exigeant pour se développer l'action d'une chaleur suffisante, suspendent leur végétation pendant l'hiver et supportent sans succomber le climat le plus rigoureux ; tel est, parmi les conifères dont abonde la Sibérie, le mélèze (*pinus larix*), qui résiste à un froid de 35° à 40°, pourvu, d'après M. Erman, que de semblables hivers soient suivis d'étés chauds et secs (1).

Les *habitudes* météorologiques des plantes étant des plus variées, il s'ensuit que la répartition géographique des espèces végétales est une conséquence de la distribution de la chaleur à la surface du globe, du *climat*.

La terre possède une chaleur propre, c'est un corps échauffé en voie de refroidissement. On reconnaît, en effet, à mesure qu'on pénètre plus avant dans son intérieur, que la température des travaux souterrains s'accroît progressivement. A une très-petite distance de la superficie, cette température est encore affectée par les variations qui surviennent dans la chaleur de l'atmosphère; mais, plus profondément, ces variations n'exercent plus aucune espèce d'influence, et à partir de ce point situé dans la couche à *température invariable*, la chaleur souterraine augmente uniformément de 1° centigrade, pour une profondeur d'environ 31 mètres.

---

(1) Humboldt, *Asie centrale*, t. III, p. 52.

La profondeur à laquelle se trouve la *couche de température invariable* dépend de la grandeur des variations thermométriques qui ont lieu dans l'air, durant le cours d'une année. Aussi, dans les hautes latitudes, cette profondeur est assez considérable; à Paris, par exemple, M. Arago a trouvé qu'à 8 mètres au-dessous de la surface du sol, un thermomètre ne reste pas encore stationnaire. On conçoit, au reste, que dans un climat plus constant, cette profondeur soit déjà beaucoup moindre, puisque si le climat d'un pays était absolument invariable, c'est-à-dire si la température de l'atmosphère pendant l'année entière restait la même tous les jours et à toutes les heures, la température du sol se confondrait évidemment avec celle de l'air, de sorte que la *couche invariable* se trouverait précisément à la surface du terrain. Or, le climat des régions équinoxiales étant, comme nous le verrons bientôt, éminemment constant, et s'approchant du cas hypothétique que je viens d'énoncer, il était naturel de penser que la profondeur à atteindre pour se procurer la température moyenne d'un lieu pourrait être tellement peu considérable, qu'il deviendrait facile d'employer le sondage pour la déterminer.

Une série d'observations que j'ai eu l'occasion de faire en Amérique, entre le cinquième degré de latitude australe et le onzième de latitude boréale, a montré, en effet, que dans le voisinage de l'équateur, la couche d'invariable température se rencontre presque à la surface du sol. Dans des endroits abri-

tés, comme le rez-de-chaussée d'une maison, une cabane d'Indien, un simple hangar, le thermomètre placé dans un trou d'environ un tiers de mètre ne subit plus que des variations de un dixième à deux dixièmes de degré (1).

C'était probablement sous l'influence de la chaleur interne du globe que, suivant M. de Humboldt, des animaux qui habitent aujourd'hui la zône torride ont vécu jadis au milieu des fougères arborescentes, des palmiers, dans le nord de l'ancien continent; et l'on conçoit comment, à mesure que la terre s'est refroidie à sa surface, la distribution des climats est devenue presque uniquement dépendante de l'action solaire, et comment aussi, les tribus de plantes et d'animaux, dont l'organisation exigeait une température plus élevée et un climat plus égal, ont disparu graduellement (2).

Dans l'état de stabilité auquel semble être arrivée actuellement la surface du globe, le soleil est considéré comme l'agent qui influe le plus directement sur la température de notre atmosphère. C'est en effet de la longueur des jours, de la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon, que dépend la température que l'on éprouve. Aux époques où le soleil reste le plus longtemps levé, la terre reçoit nécessairement plus de chaleur qu'elle n'en perd pendant des nuits de courte durée; on sait aussi que les rayons

(1) Boussingault, *Annales de Chimie et de Physique*, t. LIII, 2e série.

(2) Humboldt, *Asie centrale*, t. III, p. 98.

solaires échauffent d'autant plus un corps sur lequel ils tombent, qu'ils arrivent à la surface de ce corps suivant une direction peu éloignée de la perpendiculaire; en outre, quand le soleil est moins élevé sur l'horizon, son action calorifique est grandement affaiblie, par la raison que ses rayons traversent une atmosphère plus dense et plus chargée de vapeurs. C'est à ces dernières circonstances qu'il faut attribuer le froid qui règne dans la zône tempérée durant l'hiver, et pendant toute l'année dans les régions polaires. L'inégalité dans la longueur des jours ayant une influence aussi prononcée, un lieu situé dans la proximité de la ligne équinoxiale, où cette inégalité est à peine perceptible, doit avoir durant l'année entière une température à peu près constante, parce que dans la nuit la terre perd en rayonnant vers l'espace, à peu près la même quantité de chaleur qu'elle reçoit pendant le jour. Dans les latitudes élevées, où en raison de l'inclinaison du plan de l'écliptique sur l'horizon, le soleil reste levé pendant des temps très-inégaux, suivant les diverses époques de l'année : cette égalité entre la chaleur reçue et celle qui est perdue par voie de rayonnement, ne se présente plus qu'à de rares intervalles, au moment des équinoxes. La température du sol, et par suite celle de l'atmosphère en contact avec lui, tendra donc à s'élever ou à s'abaisser, selon la position du soleil. Il arrive de là qu'un lieu en dehors des tropiques a, dans le cours de l'année, des températures très-différentes, ou, comme on dit ordinairement, des saisons

plus ou moins marquées. Considérons, par exemple, deux points géographiques pris dans le même hémisphère, dont l'un soit dans le voisinage de l'équateur, comme la côte de Guinée (latitude N. 5° 1/2), et l'autre plus au nord, comme Paris (latitude N., 48° 1/2), nous aurons, pour la température moyenne des saisons :

SAISONS.	GUINÉE, latitude N., 5° 1/2, durée moyenne du jour.	DISTANCE moyenne du soleil au zénith.	TEMPÉRATURE moyenne de la saison.	PARIS, latitude N., 48° 1/2, durée moyenne du jour.	DISTANCE moyenne du soleil au zénith.	TEMPÉRATURE moyenne de la saison.
	heures.			heures.		
Hiver	12	20° 1/4	28° 1	9 3/4	65° 1/4	3° 8
Printemps	12	9° 1/4	28° 3	14 1/2	35° 3/4	10° 5
Été	12	9° 1/4	26° 4	14 1/2	33° 3/4	18° 4
Automne	12	20° 1/4	27° 0	9 3/4	63° 1/4	11° 2
Température moyenne de l'année.			27° 4			10° 8

L'influence de la hauteur du soleil et de la longueur des jours devient encore plus prononcée, lorsqu'on considère la température moyenne des mois dans des latitudes élevées, ainsi :

TABLEAU.

MOIS (1).	PARIS, latitude 48° 50'.	BERLIN, latitude 52° 31'.	ST-PÉTERSBOURG, latitude 59° 56'.
	degrés.	degrés.	degrés.
Janvier.....	2,1	— 2,4	— 9,5
Février.....	4,7	0,1	— 7,5
Mars.....	6,5	3,8	— 3,7
Avril.....	9,8	9,2	2,6
Mai.....	14,5	13,9	8,7
Juin.....	17,0	17,4	15,0
Juillet.....	18,6	18,5	17,3
Août.....	18,4	17,9	15,8
Septembre.....	15,8	14 4	10,5
Octobre.....	11,3	9,8	5,1
Novembre.....	6,8	4,1	— 0,8
Décembre.....	4,0	1,3	— 5,2
Moyenne de l'année.....	10,8	8,9	3,9

(1) Humboldt, *Asie centrale*, t. III, p. 56.

On trouve en effet que dans l'hémisphère boréal, à partir du 21 janvier, la température augmente, lentement d'abord, plus rapidement en avril et en mai, qu'elle est à son maximum en juillet ; elle reste à peu près stationnaire durant le mois d'août, et redescend ensuite jusqu'au 21 janvier de l'année suivante, époque où elle atteint son minimum.

La température moyenne annuelle la plus forte se trouve nécessairement dans le voisinage de l'équateur entre 0° et 10 à 12° de latitude, au niveau de la mer, là où, indépendamment de l'égalité de la durée du jour et de la nuit, le soleil, toujours très-élevé, passe deux fois par an au zénith. Les observations

recueillies jusqu'à présent indiqueraient que cette température oscille entre 26° et 29°. Les nombres obtenus sont du moins compris entre ces limites.

LOCALITÉS.	LATITUDES.	TEMPÉRATURE moyenne.	OBSERVATEURS.
	deg. min.	degrés.	
Cumana.....	10 27 Nord.	27 4	Humboldt.
La Guayra.....	10 37	28 0	Codazzi, Boussingault.
Rio la Hacha..	11 40	28 1	Hall.
Santa-Marta...	11 15	28 5	Boussingault.
Cartagena.....	10 25	27 5	Boussingault.
Panama.....	8 58	27 2	Hall.
Tumaco.....	1 40	26 1	Boussingault.
Madras.....	13 5	27 8	»
Trinconomale (Ceylan).....	8 34	27 4	»
Singapore.....	1 17	26 5	»
Christianborg..	5 24	27 2	»
Maracaybo.....	11 19	29 0	Hall.
Batavia.....	6 9 Sud.	26 8	
Guayaquil.....	2 11	26 0	Hall, Boussingault.
Payta.....	5 5	27 1	Boussingault.

Si la terre présentait une surface de nature homogène, ayant, par conséquent, une densité uniforme, un même pouvoir, soit pour absorber, soit pour rayonner la chaleur, le climat d'un lieu dépendrait presque entièrement de sa position géographique ; les points d'égale température se trouveraient sur la même parallèle, ou, pour employer l'heureuse expression introduite par M. de Humboldt, les lignes *isothermes* seraient toutes parallèles à l'équateur. Mais la surface de notre planète est recouverte d'aspérités, d'anfractuosités qui font varier à l'infini sa

configuration. Le sol, selon qu'il est aride, marécageux ou recouvert de forêts étendues, ne s'échauffe pas au même degré. Sous la même latitude, le climat est particulièrement affecté par l'étendue de terre ou de mer qui avoisine une contrée. Aussi, en pénétrant vers l'intérieur des continents, on observe toujours une plus grande différence thermométrique entre les saisons extrêmes, le climat devient plus rigoureux. La faible variation que la mer subit dans sa température, la difficulté avec laquelle s'échauffe ou se refroidit une masse de liquide aussi considérable, font qu'elle tempère les ardeurs de l'été et les rigueurs de l'hiver des lieux situés dans sa proximité. C'est à ces principales circonstances qu'est dû le contraste que l'on remarque entre le climat des îles ou des côtes et le climat intercontinental. Ainsi, par le fait du voisinage de la mer, des lieux possèdent à très-peu près la même température moyenne, malgré une assez grande différence en latitude ; je citerai les exemples suivants :

Lieux.	Température moyenne.	Latitude.
Paris.....	10°,8	48°,50′
Londres.....	10°,4	51°,31′
Maestricht...	10°,1	50°,50′
Harlem.....	10°,0	52°,23′
Dublin.....	9°,5	53°,23′
Manchester..	8°,7	53°,29′
Edimbourg..	8°,6	55°,57′

Une île, une côte, une péninsule, offrent donc des climats tempérés, des hivers plus doux, des étés moins chauds que l'intérieur des terres; sur les côtes

de Glenarm, en Irlande, par une latitude de 55 degrés, le myrte végète comme en Portugal ; il y gèle rarement, bien que les chaleurs de l'été soient insuffisentes pour mûrir le raisin ; cependant, sous la même parallèle, à Kœnisberg en Prusse, on éprouve en hiver un froid de—3°,3. Les mares et les petits lacs des îles de Feroé ne se couvrent pas de glace, et quoique ces îles soient situées par 62° de latitude, la moyenne de l'hiver y est + 4°,3, et celle de l'été ne dépasse pas 12° à 13°. En Angleterre, les côtes du Devonshire ont des hivers tellement doux qu'on y a vu des orangers en espalier porter des fruits, et à Salcombe, en 1774, on vit fleurir un agave qui avait passé vingt-huit années sans être abrité pendant la saison froide. Sur la côte méridionale de l'Angleterre, les hivers sont également tempérés ; la moyenne hivernale s'y maintient encore entre + 5° et + 6°,8, quoique la température moyenne annuelle dépasse à peine 11° (1).

Ce qui caractérise surtout les climats *maritimes*, c'est une moindre différence entre la température des étés et celle des hivers ; ainsi, pour Édimbourg (latit. 56°), cette différence n'est que de 10°,6. A Moscou, placé à très-peu près sur le même parallèle, mais loin des côtes, l'excès de la température des étés sur la température des hivers est de 27°,8. A Kasan (lat. 56°), cette différence s'élève à 31°,3.

L'influence des continents, l'éloignement des

(1) Humboldt, *Asie centrale*, t. III, p. 145.

mers, ne paraissent pas se borner à rendre le climat plus *excessif*, en augmentant à la fois et dans le même rapport la chaleur des étés et le froid des hivers. L'ensemble des observations faites en Europe et en Asie montre que la température moyenne annuelle décroît à mesure qu'on pénètre plus avant dans l'intérieur des terres vers les régions de l'est. M. de Humboldt attribue ce décroissement en partie à l'action refroidissante des vents dominants. Les résultats suivants font voir la marche de la diminution de température, depuis le littoral occidental de l'Europe jusqu'au delà du méridien de la mer Caspienne.

Lieux.	Latitude.	Température moyenne.
Amsterdam...	52°,22′	9°,8
Berlin.....	52°,31′	8°,6
Copenhague...	55°,41′	8°,2
Kasan.....	55°,48′	2°,2

Comme dans les questions agricoles il est surtout utile de connaître la température moyenne des saisons, et que cette température dépend, à latitudes égales, de la topographie de la contrée, j'ai cru devoir réunir les données météorologiques relatives à quelques localités classées suivant leur position plus ou moins *continentale*; ces données confirmeront de la manière la plus positive les principes qui viennent d'être exposés.

TABLEAU.

LOCALITÉS.	LATITUDES NORD.	LONGITUDE comptée DE PARIS.	TEMPÉRATURE MOYENNE. ANNÉE.	HIVER.	PRINTEMS.	ÉTÉ.	AUTOMNE.	DIFFÉRENCE entre l'hiver et l'été.	MOIS LE PLUS FROID.	MOIS LE PLUS CHAUD.
LIEUX SITUÉS TRÈS-PRÈS DES CÔTES.										
	degr. min.	degr. min.	degr.	degr.	degr.	degr.	degr.	degr.	degr.	degr.
Cap nord	71 10	28 30 E.	0 1	— 4 6	— 1 3	6 4	— 0 1		— 5 3 janv.	8 1 juillet.
Reikiavig (Islande)	64 8	24 16 O.	4 0	— 1 6	2 4	12 0	3 3	13 6	— 2 1 fevr.	13 3 id.
Edimbourg	55 57	3 32	8 6	3 6	7 6	14 4	8 9	10 8	2 9 janv.	15 0 id.
Londres	51 31	2 26	10 4	4 2	5 9	17 1	10 7	12 9	3 0 id.	17 8 id.
Penzance	50 7	7 53	11 1	6 6	9 9	16 3	12 1	9 9	5 7 id.	17 2 id.
Cherbourg	49 39	3 58	11 2	3 2	10 4	16 5	12 3	11 3	3 2 fevr.	17 3 août.
Alger	36 47	0 07	17 8	12 4	15 5	23 6	19 9	11 2	11 6 id.	24 7 id.
LIEUX PLACÉS NON LOIN DE LA MER.										
	degr. min.	degr. min.	degr.	degr.	degr.	degr.	degr.	degr.	degr.	degr.
Harlem	52 23	2 18 E.	10 0	2 8	9 2	17 0	11 0	14 2	1 0 janv.	17 7 juillet.
Maestricht	50 51	3 21	10 1	1 9	10 0	18 0	11 1	16 1	0 0 id.	18 9 id.
Paris	48 50	0 0	10 8	3 3	10 3	18 1	11 2	14 8	1 8 id.	18 9 id.
La Rochelle	46 9	3 28 O.	11 6	4 7	11 1	19 2	11 7	14 5	3 9 déc.	19 8 id.
Bordeaux	44 50	2 50	13 9	6 1	13 4	21 7	14 4	15 6	5 0 janv.	23 id.
VILLES CONTINENTALES.										
	degr. min.	degr. min.	degr.	degr.	degr.	degr.	degr.	degr.	degr.	degr.
Saint-Pétersbourg	59 56	27 59 E.	3 5	— 8 4	1 7	15 7	4 7	24 1	— 10 3 janv.	16 9 juillet.
Kasan	55 48	46 47	2 2	— 14 3	2 6	17 0	2 8	31 3	— 16 5 id.	18 4 id.
Dresde	51 3	11 24	8 5	— 0 4	8 4	17 2	8 4	17 6	— 2 0 id.	18 0 id.
Berlin	52 31	11 4	8 6	— 0 7	8 4	17 6	9 1	18 3	— 3 1 id.	18 3 id.
Strasbourg	48 35	5 25	9 8	1 1	10 0	18 1	10 0	17 0	— 0 4 id.	18 8 id.

La plupart des localités que j'ai eu occasion de mentionner appartiennent à l'hémisphère boréal. La température de l'hémisphère austral est beaucoup moins connue; cependant, un fait semble ressortir des observations, c'est que, à latitude égale, cette région du globe possède un climat sensiblement plus froid.

Les moyennes des mois les plus chauds ou les plus froids enregistrées dans certaines contrées, ne donnent pas une idée exacte des températures extrêmes que l'on y éprouve. La plus forte chaleur que l'homme ait encore supportée en plein air a été observée par Burckhard dans la Haute-Égypte où l'on vit le thermomètre monté à quarante sept degrès et demi. Le froid le plus intense a été noté par Back dans l'Amérique septentrionale, la température s'abaissa à 56°. Voici quelques variations thermométriques extrêmes observées sur divers points du globe.

Localités.	Minima.	Maxima.
Surinam.....	21°,3	32°,3
Pondichéri.....	21°,6	41°,7
Madras.....	17°,3	40°,0
Le Caire.....	9°,1	40°,2
Rome.....	— 5°,0	31°,3
Padoue.....	— 15°,6	36°,3
Paris.....	— 23°,1	38°,4
Prague.....	— 27°,5	35°,4
Copenhague....	— 17°,8	33°,7
Moscou.....	— 38°,8	32°,0
Pétersbourg....	— 34°,0	33°,4
Port-Élisabeth..	— 50°,8	16°,7

§ 2.—Décroissement de la température dans l'atmosphère.

Lorsqu'on s'élève dans l'atmosphère, la température décroît avec rapidité. Les lieux situés dans les montagnes possèdent un climat d'autant plus rigoureux qu'ils sont placés à une plus grande élévation. Sous l'équateur même, la hauteur modifie tellement les saisons, que la métairie d'Antisana, dont la latitude n'atteint pas 1° sud, mais qui est élevée de plus de 4,000 mètres, présente une température moyenne qui ne diffère pas sensiblement de celle de Saint-Pétersbourg. Près de là, mais encore plus haut, le sommet du Cayambe est recouvert par un immense amas de neige, quoiqu'il soit traversé par la ligne équinoxiale.

On attribue le froid des hautes montagnes : à la dilatation que l'air des régions basses éprouve en s'élevant ; à une évaporation plus rapide de l'humidité ; à l'intensité du rayonnement nocturne, etc.

A latitudes et à élévations égales, les lieux placés dans les montagnes ont quelque fois des climats assez différents. La température qu'aurait une station parfaitement isolée est nécessairement modifiée par une foule de circonstances. Ainsi, le rayonnement de plateaux échauffés, la nature et la couleur des roches, l'abondance des forêts, l'humidité ou l'aridité du sol, le voisinage des glaciers, la prépondérance des vents plus ou moins froids, plus ou moins secs, l'accumulation des nuages, etc., sont autant de causes qui tendent à modifier les conditions météoro-

logiques d'une contrée. Le voisinage de volcans en activité ne semble pas affecter la température des stations. Ainsi, Puracé, Pasto, Cumbal, bien que dominés par des volcans enflammés, n'ont pas des climats plus chauds que Bogotà, que Santa-Rosa de Osos, le Paramo de Hervé, placés sur des terrains de grès ou de syénite. Je présenterai ici une partie des observations que j'ai faites dans les Cordilières, entre le 11e degré de latitude boréale et le 5e degré de latitude australe, pour déterminer la température moyenne à différentes hauteurs.

TABLEAU.

LOCALITÉS	ÉLÉVATION.	TEMPÉRATURE moyenne	REMARQUES (1).
	mètres	degrés.	
Cumana	0	27 5	Humboldt, terrain aride.
San-Carlos	169	27 5	Venezuela, plaines étendues.
Novita (Choco)	180	26 1	Forêts, marécages.
San-Martin	425	26 6	Grès steppes du Rio Meta.
Maracay	459	25 5	Gneiss, vallée d'Aragua.
Mariquita	548	25 4	Vallée de la Magdalena.
Trusillo	825	24 0	Grès, Venezuela.
Caracas	950	21 9	Pays assez boisé.
Cartago	979	24 5	Vallée du Cauca.
Toro	989	24 4	Id.
Anserma Nueva	1,050	25 7	Id.
Vega de Zupla	1,225	21 5	Pays boisé humide.
Marmato	1,416	20 4	Id. près Zupia.
Rodeo	1,709	19 2	Id. Id.
Poyayan	1,809	17 5	Trachyte, pays très-montagn.
Riosucio	1,818	19 5	Syenite près Zupia.
Banos	1,909	16 7	Forêts, près Tunguragua.
Pamplona	2,511	16 5	Granite.
Sonson	2,555	14 0	Forêts.
Pasto	2,610	14 7	Trachyte, forêts.
Bogotà	2,641	14 5	Grès, plateau.
Santa-Rosa	2,744	14 4	Grès.
Latacunga	2,861	15 5	Debris de ponces, aride.
Riobamba	2,670	16 4	Sol sablonneux, stérile.
Quito	2,918	15 2	Trachyte.
Chita	2,970	15 0	Grès.
Pinantura	3,155	11 1	Trachyte.
Vetas	3,218	9 5	Syenite.
Cumbal	3,219	10 7	Plateau aride.
Ferme de Lysco	3,549	8 9	Trachyte.
Métairie d'Antisana	4,072	3 4	Pâturage.
Azufral de Juan	4,119	3 9	Volcan de Tolima.
Limite des neiges	4,500	1 6	
Glacier d'Antisana	5,460	— 1 7	

(1) *Annales de chimie et de physique*, t. LIII, 2e série.

En discutant l'ensemble de mes observations, M. Bischof trouve que dans les Andes équatoriales, un degré de refroidissement correspond à 195 mètres de hauteur (1). En Europe, on a constaté que le décroissement de la chaleur dans les montagnes est plus rapide pendant le jour que durant la nuit, pen-

(1) Humboldt, *Asie centrale*, t. III, p. 223.

dant l'été que durant l'hiver; par exemple, entre Genève et le Saint-Bernard, pour voir le thermomètre baisser d'un degré, il faut s'élever :

Au printemps de...	179 mètres.
En été.....	185
En automne.....	210
En hiver.....	232

Cependant il arrive quelquefois qu'en hiver, dans une zône peu élevée, la température croît avec la hauteur, ainsi que l'ont reconnu MM. Bravais et Lottin par le 70e degré de latitude. Dans un temps calme et pour une latitude de 4 à 500 mètres, cet accroissement allait jusqu'à 6° (1).

Nulle part sur le globe on ne s'aperçoit mieux de la diminution de la chaleur occasionnée par l'élévation que dans les montagnes équatoriales; et ce n'est pas sans étonnement qu'un Européen parvient, souvent en quelques heures, des régions brûlantes où poussent le bananier et le cacaoyer, aux régions stériles recouvertes de neiges éternelles. « Sur chaque rocher de la pente rapide des Cordilières, « dit M. de Humboldt, dans la série de climats superposés par étages, se trouvent inscrites les lois « du décroissement du calorique et de la distribution géographique des formes végétales (2). »

Dans les contrées les plus chaudes, les sommets des très-hautes montagnes sont constamment cou-

(1) Ch. Martins, *Aide-mémoire universel*, p. 367.
(2) Humboldt, *Asie centrale*, t. III, p. 236.

verts de neiges; c'est que, dans les couches froides et élevées de l'atmosphère, la vapeur aqueuse se condense et tombe à l'état de grêle ou de grésil. Dans les plaines, la grêle fond presque instantanément; la fusion est plus lente sur les montagnes, et pour chaque latitude il est une certaine hauteur où la grêle et la neige ne fondent plus sensiblement : cette hauteur est la *limite inférieure des neiges perpétuelles.*

Les causes accidentelles qui tendent à modifier la température d'un climat agissent aussi pour élever ou abaisser la limite des neiges. C'est ainsi que sur le versant méridional de l'Himalaya cette limite ne parvient pas à la même hauteur que sur le versant septentrional; c'est encore ainsi que, par 14° à 16° de latitude sud dans le haut Pérou, M. Pentland a trouvé les neiges perpétuelles à 400 mètres au-dessus du point qu'elles occupent sous l'équateur. Voici les hauteurs de leur limite inférieure, telles qu'elles résultent des observations faites entre les tropiques (1).

TABLEAU.

(1) Humboldt, *Asie centrale*, t. III, p. [illegible].

LATITUDE.	MÈTRES.	
S. 1° ½, Quito.	4,820	Bouguer, Humboldt, Boussingault.
N. 2° ¾, Puracé.	4,703	Boussingault.
N. 4° ¾, Tolima.	4,678	Humboldt, Boussingault.
N. 8°, Merida.	4,550	Codazzi, Boussingault.
N. 16 à 19°, Mexique. . . .	4,309	Humboldt.
S. 16 à 19°, Haut Pérou. .	5,222	Pentland.
EN DEHORS DES TROPIQUES.		
S. 33° Chili.	4,483	
N. 30° Himalaya.	5,067	
S. 41 à 44° Chili.	1,832	
N. 42 à 43° Pyrénées. . . .	2,728	
S. 53 à 54° Magellan. . . .	1,130	
N. 53 à 54° Ounalaschka. .	1,070	

L'élévation au-dessus du niveau de la mer agit donc sur le climat comme un accroissement en latitude. Sur les montagnes, la végétation se modifie dans ses formes et disparaît vers la ligne de neige permanente, comme elle cesse au delà du cercle polaire, et cela par la même cause, l'abaissement de la température.

La constance et le peu d'amplitude des variations de la chaleur atmosphérique sous l'équateur, permettent d'indiquer avec quelque précision le minimum, le point de la température moyenne au-dessous duquel il n'y a plus de végétation. Ce point, je l'ai rencontré lors de mon ascension au Chimborazo, à 4,808 mètres, là où la température moyenne doit approcher de 1°, 5, et où par conséquent, dans le jour, une saxifrage qui adhère au rocher doit encore recevoir une chaleur de 5 ou 6 degrés, puisque, bien

au-dessus de la ligne inférieure des neiges, sur la même montagne, à 6,000 mètres d'élévation, j'ai vu le thermomètre suspendu dans l'air et à l'ombre monter à 7°.

En considérant l'extension de la végétation vers les régions polaires, on reconnaît que les plantes se développent par de très-hautes latitudes sur des points dont la température moyenne est de beaucoup inférieure à celle que je crois être la limite de la vie végétale dans les montagnes des contrées équinoxiales. C'est que, dans ces climats rigoureux, la végétation est suspendue par l'intensité du froid durant la plus grande partie de l'année, et c'est uniquement par la chaleur estivale que des phanérogames sortent de leur long sommeil d'hiver. La Nouvelle-Zemble (lat. 73° N.) dont la moyenne de l'été est 1°,4 est peut-être, comme la ligne des neiges permanentes de l'équateur, le terme de l'existence des plantes. Vers l'extrémité boréale du continent asiatique, c'est aussi à la chaleur très-remarquable des étés, si du moins on la compare au froid intense des autres saisons, que l'homme doit de récolter dans ces tristes climats quelques végétaux alimentaires. Ainsi, à Iakoustk par 62° de latitude nord, où le mercure gèle pendant deux mois de l'année, la chaleur moyenne de l'été est de 17° 1/2. C'est là, comme l'observe M. de Humboldt, un *climat continental* bien caractérisé, et dont on trouve de fréquents exemples dans le nord de l'Amérique. A Iakoustk le froment et le seigle rendent quelquefois le quinzième grain, quoique à la

profondeur d'un mètre le sol qui les porte ne dégèle jamais (1).

Dans les montagnes de l'Europe, la limite des neiges perpétuelles étant beaucoup plus basse que dans les régions intertropicales, les cultures cessent à une moindre élévation. A 2,000 mètres les végétaux de la plaine ont disparu pour la plupart; la température ne leur permet plus de se propager. Dans la Suisse septentrionale, la vigne ne dépasse pas une altitude de 550 mètres. Le maïs mûrit à peine à 870 mètres, lorsque dans les Andes il donne encore de riches moissons à 2,500 mètres. Sur le plateau de Los Pastos, on voit des champs d'orge à 3,100 mètres; sur la pente nord du Mont-Rose, cette céréale manque à la hauteur de 1,300 mètres; à la vérité, elle atteint près de 2,000 mètres sur le versant méridional, et cette grande variation dans la limite dernière de l'orge se présente fréquemment pour une même plante cultivée sur les pentes opposées d'une même chaîne. On attribue cette variation à des influences locales ; ainsi, c'est un fait bien constaté, que sur les montagnes de notre hémisphère, la végétation parvient à une plus grande altitude sur le revers méridional ; et s'il n'en est pas toujours ainsi lorsqu'il s'agit des champs entretenus par la main de l'homme, c'est que, comme l'observe très-judicieusement M. Charles Martins, les champs cultivés cessant là où ils ne peuvent plus payer les peines du

(1) Humboldt, *Asie centrale*, t. III, p. 49.

cultivateur, leur limite est fonction d'éléments politiques et moraux, et non la simple conséquence du changement de climat (1). Ce qu'il y a de général, ce qu'on observe sous toutes les latitudes, c'est que plus on s'élève, plus les récoltes deviennent tardives; or, comme la chaleur de l'atmosphère décroît avec la hauteur, il s'ensuit qu'il existe évidemment une relation entre la durée des cultures et la température moyenne de la saison pendant laquelle elles s'accomplissent. C'est cette relation qu'il nous reste à examiner.

§ 3. — Circonstances météorologiques sous lesquelles végètent certaines plantes dans des climats différents.

En discutant sous quelles conditions de température se développent plusieurs plantes communes à l'Europe et à l'Amérique, on est conduit à des résultats d'un certain intérêt.

La connaissance de la température moyenne d'un lieu situé entre les tropiques donne déjà, comme nous l'avons vu, une idée assez précise de son agriculture; en effet, la température de chaque jour diffère peu de celle de l'année entière, durant laquelle la vie végétale s'exerce sans interruption aucune. Il en est tout autrement pour les régions placées en dehors de la zône torride. La chaleur moyenne annuelle n'est plus alors une donnée suffisante pour apprécier l'importance agricole d'une contrée. Pour

(1) Ch. Martins, note dans la *Météorologie de Kaemtz*, p. 209.

savoir ce que la terre produira, il faut connaître la chaleur particulière aux différentes saisons ; en un mot, c'est la température moyenne du cycle dans lequel s'opère la végétation qu'il importe d'évaluer, pour savoir quelles sont les plantes utiles que l'on peut exiger du sol.

Dans l'examen de cette question, on cherche d'abord quel est le temps écoulé entre la naissance d'une plante et sa maturité; on détermine ensuite la température de l'espace qui sépare ces deux époques extrêmes de la vie végétale. En comparant ces données pour une même espèce de plante cultivée en Europe et en Amérique, on arrive à ce résultat curieux : que le nombre de jours compris entre le commencement de la végétation et la maturité est d'autant plus grand, que la température moyenne sous l'influence de laquelle la plante végète est moindre. La durée de la végétation sera la même, quelque différent que soit le climat, si cette température est identique de part et d'autre ; elle sera ou plus courte ou plus longue, selon que la chaleur moyenne du cycle sera elle-même plus ou moins forte. En d'autres termes, la durée de la végétation paraît être en raison inverse de la température moyenne ; de sorte que, si on multiplie le nombre de jours durant lesquels une même plante végète dans des climats distincts, on obtient des nombres à peu près égaux. Ce résultat n'est pas seulement remarquable en ce qu'il semble indiquer que sous toutes les latitudes, à toutes les hauteurs, la même

plante reçoit dans le cours de son existence une quantité égale de chaleur; il peut aussi trouver une application directe en permettant de prévoir la possibilité d'acclimater un végétal dans une contrée dont on connaît la température moyenne des mois.

Culture du froment en Europe.

En Alsace, en 1835 nous avons semé le froment le 1er novembre, les froids sont survenus quelque temps après la levée de la plante. La récolte a eu lieu le 16 juillet 1836. La végétation des derniers jours de l'automne est tellement lente et irrégulière que l'on peut, sans erreur sensible, admettre qu'elle commence au printemps, lorsque les gelées ne se font plus sentir; c'est alors qu'elle continue sans interruption. Pour l'Alsace j'ai fixé cette époque au 1er mars.

La durée de la culture a été de. . . . 137 jours,
la température moyenne. . . . . 15° (1).

Le blé trémois, cette même année, a mis à mûrir. . . . . 131 jours,
ayant une température moyenne de. . . 15,°8

A Paris, à partir du 1er mars, la culture du froment dure ordinairement. . . . . 160 jours.
la température moyenne étant. . . . . 13°,4

(1) En 1836, M. Herrenschneider a trouvé à Strasbourg :

Mars, température moyenne.	10°,4
Avril.....	10°,6
Mai.....	14°,3
Juin.....	20°,6
Juillet.....	22°,6

A Alais, le mois de février présentant généralement peu de jours de gelée, on peut le considérer comme l'époque où commence la végétation continue du blé semé en automne. La récolte ayant lieu le 27 juin, la durée de la culture continue est de. . . . . 146 jours, la température moyenne étant. . . . . 14°,4 (1).

Culture du froment en Amérique.

A *Kingston* (État de New-York), le froment est semé en automne; la végétation, suspendue pendant l'hiver, reprend au commencement d'avril. La moisson est faite vers le 1er août (2).

---

(1) Trente-cinq années d'excellentes observations météorologiques faites à Alais par M. d'Hombres-Firmas, donnent :

Janvier, temps moy..	5°,0	Juillet.....	25°,25
Février.....	7 ,0	Août.....	25 ,5
Mars.....	10 ,5	Septembre.....	21 ,0
Avril.....	14 ,0	Octobre.....	15 ,5
Mai.....	18 ,5	Novembre.....	10 ,0
Juin.....	22 ,5	Décembre.....	6 ,25
		Moyenne annuelle...	15 ,16

(2) Warden, *Description des Etats-Unis*

Les observations de M. Warden, faites à Kington, latitude N., 41°,50, donnent :

Janvier, temps moy...	—2°,5	Juillet.....	23°,3
Février.....	—2 ,0	Août.....	23 ,7
Mars.....	1 ,9	Septembre.....	19 ,4
Avril.....	11 ,4	Octobre.....	15 ,2
Mai.....	13 ,3	Novembre.....	4 ,7
Juin.....	20 ,0	Décembre.....	3 ,7
		Moyenne annuelle.	10 ,7

La culture dure. . . . . 122 jours, sous l'influence d'une température moyenne de . . . . . 17°,2

Dans la même localité les semailles de blé trémois ont lieu au commencement de mai. La récolte est faite vers le 15 août. Jours de culture. 106

Température moyenne. . . . . 20°

A *Cincinnati* (État de l'Ohio), le blé semé à la fin de février est récolté dans la deuxième semaine de juillet, soit le 15 (1). Durée de la culture. 137 jours;

Température moyenne. . . . . 15°,7

Région intertropicale.

Du froment récolté le 25 juillet 1824, à Zimijaca (plateau de Bogotà), avait été semé dans les derniers jours de février. Durée de la culture. . . . 147 jours.

Température moyenne . . . . . 14°,7(2).

---

(1) Warden, *Description des Etats-Unis.*

A Cincinnati, latit. 39° N., sept ans d'observations ont donné :

Janvier, temps moy..	— 1°,2	Juillet.....	23°,6
Février.....	1 ,3	Août.....	22 ,9
Mars.....	6 ,7	Septembre.....	20 ,2
Avril.....	14 ,2	Octobre.....	12 ,8
Mai.....	16 ,3	Novembre.....	5 ,4
Juin.....	21 ,8	Décembre.....	1 ,4
		Moyenne annuelle..	12 ,1

(2) En 1824, à Santa-Fé de Bogotà, j'ai trouvé :

Mars, température moyenne...	14°,5
Avril.....	14 ,7
Mai.....	14 ,9
Juin.....	14 ,7
Juillet.....	14 ,7

A Quinchuqui, près du lac de San-Pablo (équateur), la végétation du froment commence en février et finit avec le mois de juillet, soit 181 jours.

J'ai trouvé la température moyenne de 14°

A Venezuela, suivant M. Codazzi, le blé (*triticum æstivum*) met à mûrir :

92 jours à Turmero, température moyenne 24°
100 jours à Truxillo, id 22,3

Résumé des observations sur la culture du blé.

	Produit des jours par la température.
Alsace, blé d'automne.....	2055
blé d'été.....	2069
Paris, blé d'automne.....	2164
Alais, id.....	2092
Kingston, id.....	2098
blé d'été.....	2120
Cincinnati, id.....	2151
Quinchuqui.....	2534
Turmero.....	2208
Truxillo.....	2230

Culture de l'orge.

De toutes les céréales, l'orge est celle qui atteint dans les Cordilières la plus grande élévation ; elle réussit sous les climats les plus âpres des tropiques, dans des régions dont la température moyenne et constante ne depasse pas 11°.

En Alsace (Bechelbronn), de l'orge semée à la fin d'avril 1836 a été récoltée le 1er août. Durée de la culture. . . . . 92 jours.

La température moyenne a été de. . . 19°

De l'orge d'hiver, semée le 1er novembre, a été coupée le 1er juillet. En comptant la végétation active à partir du 1er mars, on trouve, pour la culture. . . . . 122 jours,
et pour la température moyenne. . . . 14°

A Alais, l'orge d'hiver est récoltée le 18 juin. Prenant, comme nous l'avons fait pour le froment, le 1er février pour le commencement de la végétation continue, on trouve pour la culture. 137 jours,
pour la température moyenne. . . . . 13°1

En Égypte, sur les bords du Nil, on sème l'orge à six rangs à la fin de novembre. La récolte se fait à la fin de février. Culture. . . . . 90 jours.
La température moyenne de l'hiver au Caire. . . . . 21°

A Kingston (Amérique du Nord), les semailles ont lieu au commencement de mai; la récolte vers le 1er août (1). Culture. . . . . 92 jours.
Température moyenne. . . . . 19°

A Cumbal (équateur), il n'y a pas d'époques fixées pour les semailles. Généralement, elles ont lieu après la saison des pluies, vers le 1er juin ; on récolte alors à la mi-novembre. Durée de la culture. . 168 jours.
J'ai trouvé la température de Tuquerès près de Cumbal de. . . . . 10°,7

A Santa-Fé de Bogotà, on compte environ quatre mois entre les semailles et la récolte de l'orge. Durée de la culture. . . . . 122 jours.
Température moyenne. . . . . 14°,7

(1) Warden, *Description des Etats-Unis.*

Résumé de la culture de l'orge.

	Produit des jours par la température.
Alsace, orge d'été....	1748
id. d'hiver..	1708
Alais, id.....	1795
Egypte.....	1890
Kingston.....	1738
Cumbal.....	1798
Santa-Fé.....	1793

Culture du maïs.

Dans les environs de Bechelbronn, le maïs, qui a commencé à végéter le 1er juin, a donné une récolte abondante le 1er octobre.

Durée de la culture. . . . . 122 jours.
Température moyenne. 20,0

Dans les années ordinaires, en Alsace, les semailles ont lieu dans la dernière semaine d'avril, et la récolte se fait vers la fin de septembre (1).

Durée de la culture. . . . . 153 jours.
Température moyenne. . . . . 16°,7

A Alais, en moyenne, d'après M. d'Hombres-Firmas, on coupe la plante le 13 septembre ; prenant le commencement de la végétation au 1er mai, on a :

Durée de la culture. . . . . 135 jours.
Température moyenne. . . . . 22°,7

Près Kingston (Amérique du nord), on sème à la fin de mai, pour le récolter à la fin de septembre.

(1) Schwertz, *Culture des grains farineux.*

Durée de la culture. . . . . 122 jours.
Température moyenne. . . . . 22°

Amérique méridionale. Sur les bords de la Magdalena, on compte trois mois pour la végétation du maïs (*pailon*) semé sur défrichement.

Soit. . . . . 92 jours.
Température moyenne. . . . . 27°,5

Dans les vallées plus élevées que celle de la Magdalena, mais qui, néanmoins, appartiennent encore à la *Tierra caliente*, il se passe ordinairement quatre à cinq mois entre les semailles et la récolte ; ainsi, à Zupia.

La culture est de. . . . . 137 jours.
La température moyenne. . . . 21°,5

Sur les hauts plateaux, comme celui de Santa-Fé, que l'on considére comme la limite supérieure de la culture avantageuse du maïs, il faut au moins six mois pour que cette céréale parvienne à sa maturité.

Soit. . . . . 183 jours.
Température moyenne. . . . . 14°,7

Résumé.

	Produit des jours par la température.
Bechelbronn, 1836.....	2440
Alsace (moyenne).....	2550
Alais.....	3064
Kingston.....	2684
Rio Magdalena (*pailon*)...	2530
Zupia.....	2887
Plateau de Santa-Fé.....	2690
Quinchuqui (Quito).....	2968

La durée de la culture du maïs, sous l'influence

d'une même température, est sujette à d'assez grandes variations, probablement à cause du nombre des variétés cultivées. Ainsi, dans les climats les plus chauds des tropiques, là où le maïs *pailon* emploie 92 jours pour mûrir, on sème une variété très-productive, mais qui occupe le sol pendant quatre mois, pour ce maïs, et dans cette condition de climat, le produit du temps par la température, devient 3100. La sécheresse, malgré la chaleur qui l'accompagne ordinairement, recule aussi l'époque de la récolte; elle agit comme le froid : en suspendant la végétation, en dépouillant les arbres de leurs feuilles, produisant ainsi, dans les régions équatoriales tous les effets de l'hiver.

Culture de la pomme de terre.

En 1836, le 15 octobre, on a récolté à Bechelbronn les pommes de terre plantées le 1er mai. Culture. . . . . 157 jours.

Température moyenne. . . . . 18°,2

Dans les années ordinaires, avec un été moins chaud que celui de 1836, on fait la récolte à la fin d'octobre; durée de la culture. . . . . 183 jours.

Température moyenne. . . . . 18°,2

Dans les environs d'Alais, on plante à la fin de mars et l'on récolte vers le 1er septembre. Culture. . . . . 153 jours.

La température des 5 mois est de. . 21°,1

Suivant M. Codazzi, on cultive les pommes de terre près du lac de Valencia (Venezuela), en 120 jours.

Mes observations assignent à Maracay, ville placée dans le voisin du lac, une température moyenne de 25°,5.

D'après le même observateur, cette culture donne de très-bons produits dans les Cordilières. A Mérida, là où la température moyenne est de 22°, la culture dure environ quatre mois et demi. Soit : 137 jours.

Sur les plateaux tempérés de la Nueva Granada, à Santa-Fé, j'ai vu planter des pommes de terre à la mi-décembre, immédiatement après la saison pluvieuse. On les a récoltées dans la première semaine de juin. Il a fallu ainsi au moins 200 jours de culture, avec une température moyenne de 14°,7.

Lors de mon ascension au volcan d'Antisana, j'ai mangé, le 4 août, dans l'Hacieñda de Piñantura, des pommes de terre qu'on avait plantées au commencement de novembre. Durée de la culture. 276 jours.

Pinañtura possède une température moyenne de. . . . . 11°.

Ce n'est pas encore là la limite supérieure de la culture des tubercules sous l'équateur. M. Jijon en cultive, au pied du Cotocache, près du lac de Cuicocha, à Cambugan, dont la température atteint à peine 9° 1/2 : les pommes de terre occupent le sol pendant environ onze mois. Le climat est déjà si rigoureux qu'on perd souvent la récolte par les gelées qui surviennent à cette grande élévation durant les mois de novembre et de janvier.

Dans la même contrée, mais beaucoup plus bas, à Pusuqui, près de Pomasqui, M. Jijon fait la plantation de la pomme de terre ronde vers la mi-août, et

la récolte à la fin de février. La durée de la culture est alors d'environ. . . . . 200 jours

J'ai trouvé la tempér. moyenne de Pomasqui de. . . . . 15°,5

Résumé.

	Produit du temps par la température.
Alsace, 1836.....	3039
Id. moyenne.....	2944
Alais.....	3228
Lac de Valencia....	3060
Santa-Fé.....	2930
Merida.....	3060
Pusuqui.....	3180
Pinantura.....	3036
Cambugan.....	3192

Culture de l'indigotier.

Dans Venezuela, pour les cultures très-peu élevées au-dessus du niveau de la mer, la première coupe se fait environ 80 jours après les semailles. Température moyenne, 27°, 4.

A Maracay, au rapport de M. Codazzi, trois mois, après. Soit. . . . . 92 jours,

La temp. moy. de Maracay est de. 25°,5.

Dans les régions possèdant une température moyenne de 22 à 23°, régions que l'on doit considérer comme la limite de la culture de l'*isatis*, la première coupe a lieu au bout de trois mois et demi. Soit : 106 jours.

Sur la côte de Coromandel, l'indigo est semé après les pluies, en décembre, et la plante reste en terre

pendant les mois de janvier, février et mars. Soit : 90 jours.

En prenant les observations faites à Bombay, on a, pour la température moyenne de ces trois mois : 24°,6.

Résumé.

	Produit du temps par la température.
Venezuela, niveau de la mer.	2200
Maracay.....	2346
Régions tempérées.....	2385
Côte de Corômandel.....	2217

En partant de ce fait, que l'indigotier se développe sous l'influence d'une température de 22 à 23°, on conçoit que des essais entrepris dans le midi de l'Europe, pour acclimater cette plante, aient donné des résultats assez satisfaisants. En France même, on est arrivé à obtenir une coupe ; mais une coupe unique est évidemment insuffisante pour compenser les frais de culture ; et d'ailleurs, il faut que la chaleur soit assez intense et assez prolongée pour obtenir des graines, ce qui n'arriverait que très-rarement dans le midi, à Alais, si, comme l'indiquent les nombreuses observations de M. d'Hombres-Firmas, la température de l'automne ne dépasse pas 15° 1/2. Le climat d'Alger conviendrait mieux à l'indigotier, bien que les étés en soient sensiblement moins chauds que ceux de certaines localités de l'Europe méridionale, c'est, au reste, ce qu'établissent

les essais exécutés récemment par M. Hardy (1).

Je terminerai en appelant l'attention des physiologistes sur un fait qui semble leur avoir échappé : c'est que des plantes, et toutes celles des tropiques sont dans ce cas, naissent, vivent et se reproduisent par une température à peu près uniforme. En Europe, et dans l'Amérique septentrionale, une plante annuelle est soumise, durant le cours de son existence, à des influences climatériques les plus variées. Les céréales, par exemple, germent à 6 ou 8°; leur végétation, suspendue pendant l'hiver, se ranime au printemps, et l'épi parvient à sa maturité dans une saison où la température s'élève graduellement jusqu'à 24 ou 30°.

Dans les régions équinoxiales tout passe différemment. La germination du froment, comme sa maturité, se réalisent sous un degré de chaleur qui reste le même pendant toute la durée de la culture. A Santa-Fé, le thermomètre indique 15° à l'époque des semailles, comme à l'époque de la moisson. En Europe, la pomme de terre est plantée à 10° ou 12°, et elle ne mûrit qu'après avoir supporté les fortes chaleurs de juillet et d'août. Cependant nous

(1) Les observations de M. Aime donnent pour Alger :

Janvier, temps moy..	11°,6	Juillet.....	24°,0
Février.....	12 ,7	Août.....	24 ,7
Mars.....	13 ,3	Septembre.....	22 ,9
Avril.....	15 ,0	Octobre.....	20 ,3
Mai.....	19 ,1	Novembre.....	16 ,7
Juin.....	22 ,0	Décembre.....	12 ,9
		Moyenne annuelle..	17 ,8

venons de voir que la végétation de ce tubercule s'accomplit lentement, à la vérité, mais en suivant toutes ses phases, dans des localités dont la température reste presque invariablement fixée à 9° ou 10°.

La germination, le développement des organes à l'aide desquels les végétaux fonctionnent dans le sol et dans l'air, se manifestent à une température comprise entre 0° et 40 à 45°; mais l'époque la plus importante de la vie végétale, la *maturation* s'accomplit généralement dans des limites beaucoup plus resserrées et qui définissent le climat le plus convenable à la culture. Ainsi, la vigne végète encore avec vigueur là où cependant le raisin ne mûrit jamais. Pour produire du vin potable, il faut qu'un vignoble ait non seulement un été et un automne suffisamment chauds, mais il faut en outre qu'à une période donnée, celle qui suit l'apparition des grains, il y ait un mois dont la température moyenne ne descende pas au-dessous de 19°, comme on peut s'en convaincre par les renseignements suivants que j'emprunte à M. de Humboldt (1) :

	TEMPÉRATURE			
	de l'été.	de l'automne.	du mois le plus chaud.	
Bordeaux.....	21°,7	14°,4	22°,9	Culture très-favorable.
Francfort-sur-Mein.	18,3	10,0	18,8	
Lausanne.....	18,4	9,9	18,7	
Paris.....	18,1	11,2	18,9	
Berlin.....	17,3	8,8	18,0	Vin à peine potable.
Londres.....	17,1	10,7	17,8	La vigne n'est plus cultivée.
Cherbourg.....	16,5	12,5	17,3	Id.

(1) Humboldt, *Asie centrale*, t. III, p. 159.

Sous les hautes latitudes, la disparition d'une plante vivace dépend tout aussi bien de l'intensité du froid des hivers que de l'insuffisance de la chaleur des étés. Aussi, le climat si égal des régions équatoriales convient-il beaucoup mieux que celui de l'Europe, pour fixer les limites extrêmes de température entre lesquelles les espèces végétales parviennent à la maturité. Ainsi, on a reconnu entre les tropiques que la vigne est productive par des températures constantes, qui varient entre 20 à 27°. Du moins, le raisin mûrit à Lambayeque, presque au niveau de la mer, sur la côte du Pérou, et à Médellin à une latitude de 1550 mètres. Je signalerai, d'après des observations faites dans les Cordilières intertropicales, le maximum et le minimum de la température propre à favoriser la maturation de diverses plantes :

	Maxima.	Minima.
Cacaoyer	28°	23°
Bananier	id.	18
Indigotier	id.	22
Canne à sucre	id.	22
Cocotier (*Iodoicea C. nucifera*)	id.	25,5
Palma (*cocus butyracea*)	id.	25,5
Tabac	id.	18,5
Yuca (Manihot)	id.	22,5
Cotonnier	id.	19,5
Maïs	id.	15
Haricots	id.	15
Rocouyer	id.	22,5
Riz	id.	24
Callebassier (*crescentia cuj.*)	id.	22
Carica papaya	id.	19
Ananas	id.	20
Ricin	id.	19,5

Melon d'Europe.....	id.	20
Vanille.....	id.	25
Guaduas (*bamb. angustifolia*).	id.	23
La vigne.....	26,5	23
Cafier.....	26	19
Anis (*pimpinella anisum*)....	25	23
Froment.....	24?	15
Orge.....	»	11
Pommes de terre.....	24?	9,5
Aracacha.....	24	12
Lin.....	23	15
Pommier.....	22	15
Chêne (*quercus tolimensis*)...	19	16
Chusque (*chusquea scandens*)..	13	4?
Frailejones (*espeletia*).....	12	4?

§ 4. — Refroidissement nocturne, rosée, pluie.

Pendant la nuit, lorsque l'atmosphère est calme et le ciel sans nuages, les plantes se refroidissent et acquièrent bientôt une température inférieure à celle de l'air qui les environne. Cette propriété de se refroidir dans cette circonstance appartient à tous les corps, mais tous ne la possèdent pas au même degré. Ainsi, les substances organiques, comme la laine, le coton, les plumes, les tissus végétaux, rayonnent considérablement; les métaux polis ont au contraire un pouvoir émissif extrêmement faible, et l'air, les gaz en général, rayonnent plus faiblement encore.

Puisqu'un corps émet continuellement de la chaleur, sa température ne peut rester stationnaire qu'autant qu'il reçoit des objets environnants, à chaque instant, une quantité de calorique précisément égale à celle qu'il perd par sa surface. Dès que

les échanges instantanés ne sont plus dans cette condition d'égalité, la température du corps varie ; il peut même éprouver un refroidissement considérable s'il est exposé, durant une belle nuit, dans un lieu bien découvert. Dans une semblable situation, un corps envoie vers toutes les parties visibles du ciel plus de chaleur qu'il n'en reçoit, car les hautes régions de l'atmosphère sont très-froides, comme nous pouvons le supposer par la rapidité du décroissement de la chaleur dans les montagnes. La température interne du globe, qui pourrait tendre à compenser la déperdition éprouvée par le corps rayonnant, atténue à peine le refroidissement, parce qu'elle ne se propage qu'avec une extrême lenteur à cause de la faible conductibilité des matières terreuses. L'air, enfin, qui environne le corps, ne l'échauffe qu'infiniment peu, et plutôt encore par le contact qu'en envoyant des rayons de chaleur, car les gaz n'ont qu'un pouvoir émissif très-borné. C'est même par suite de la faiblesse de ce pouvoir que la couche d'air ne partage pas, à beaucoup près, l'abaissement de température que subit le sol sur lequel elle repose. Aussi, dans les circonstances météorologiques que j'ai signalées, un thermomètre couché sur la terre accuse toujours une température inférieure à celle qu'indique un thermomètre suspendu dans l'air. La différence est d'autant plus forte que la faculté rayonnante des corps exposés est plus prononcée, et qu'elle peut s'exercer sur une plus grande étendue du ciel. Toutes les causes qui agitent l'air,

qui troublent sa transparence, qui masquent ou rétrécissent le champ de l'hémisphère visible, nuisent au refroidissement nocturne. Un nuage, comme un écran, compense en tout ou en partie, selon sa température propre, la perte de chaleur qu'un corps terrestre eût éprouvée en rayonnant vers l'espace. Le vent, en renouvelant incessamment l'air en contact avec la surface des objets qui tendent à se refroidir, amoindrit toujours d'une certaine quantité les effets du rayonnement. C'est donc alors que le ciel est pur, l'atmosphère calme, que le refroidissement nocturne atteint son maximum, et qu'il est le plus nuisible aux cultures.

Dans une nuit où se présentent toutes les conditions favorables au rayonnement, un thermomètre ayant très peu de masse, quand il est placé sur l'herbe, marque après un certain temps, 7° à 8° au-dessous de la température de l'atmosphère ambiante (1). Aussi, sous la zône tempérée, en Europe, comme l'a fait remarquer Daniell, par l'effet du rayonnement nocturne, la température des prairies et des bruyères peut s'abaisser pendant dix mois de l'année jusqu'au point de congélation (2). C'est surtout au printemps et en automne que les effets nuisibles du rayonnement sont le plus à craindre pour les plantes, parce que le refroidissement nocturne amène assez fréquemment leur température à plusieurs degrés au dessous de zéro.

---

(1) Arago, *Annuaire des longitudes*, 1827, p. 149.

(2) Humboldt, *Asie centrale*, t. III, p. 198.

Quelques observations que j'ai faites sur le rayonnement nocturne, à diverses hauteurs dans les Cordilières, semblaient indiquer que les effets en sont moins prononcés qu'en Europe, peut-être et c'est une simple conjecture, à cause d'une plus forte quantité de chaleur acquise par le sol pendant le jour. Je comparai, à l'aide de thermomètres très-sensibles et très-peu volumineux, la température de l'herbe, et celle de l'air à 1 mètre 1/2 d'élévation : voici les résultats (1).

Localités.	Hauteur.	Températures de l'herbe.	Températures de l'air.	Différence.
Zupia.....	1225m	17°,2	20°,5	3°,3
Rodeo.....	1709	14,4	17,4	3,0
Guadualexo.....	1756	10,0	15,0	5,0
Riosucio.....	1818	10,5	15,0	5,0
Meneses.....	2508	5,5	8,1	2,6
San Jose.....	2778	2,8	8,9	6,1
Vetas.....	3218	0,0	6,0	6,0
Guadalupe.....	3304	0,0	5,0	5,0
Tolima.....	3672	— 1,1	4,4	5,9
Tolima.....	4119	— 2,1	— 1,1	1,0
Guaguapichincha..	4600	0,0	1,7	— 1,7

D'après les renseignements que j'ai pu me procurer, il paraîtrait que dans les Cordilières intertropicales ce n'est déjà que très-rarement qu'il gèle à une hauteur à 2,000 mètres. Cependant, il se présente des circonstances tellement favorables au refroidissement nocturne qu'il est réellement impossible de signaler une limite bien définie; mais on

(1) Boussingault, *Annales de Chimie et de Physique*, t. LII, 2e série.

peut établir d'une manière générale que sur les plateaux assez élevés pour posséder une température moyenne de 10° à 14°, les cultures sont exposées à souffrir de la gelée. Il arrive assez souvent qu'une récolte de blé, d'orge, de maïs ou de pomme de terre, donnant les plus belles espérances, est détruite dans une nuit par l'effet du rayonnement.

En France, pendant les belles nuits d'avril et de mai, quand le ciel est serein, les bourgeons, les feuilles, les jeunes pousses deviennent roux, en un mot se gèlent, quoique dans l'air un thermomètre se maintienne à plusieurs degrés au-dessus de zéro. Les jardiniers, comme on sait, attribuent cette action fâcheuse à la lumière de la lune *à la lune rousse*, en fondant leur opinion sur ce fait, que par un ciel couvert, quand les rayons de l'astre n'éclairent pas les plantes, les effets destructifs ne se montrent plus, bien que l'atmosphère ait sensiblement la même température. Dans les hautes Cordilières, les cultivateurs attribuent aussi à la lumière de la lune les mêmes propriétés nuisibles, et il y a cette seule différence que, selon eux, l'influence fâcheuse persiste durant toute l'année, en d'autres termes, on a toujours la lune rousse. Il est digne de remarque que, dans le environs de Paris, la température moyenne (10°—14°) des mois d'avril et de mai représente précisément le climat constant des stations des Cordilières où l'on redoute pour les plantes les effets de la gelée. M. Arago a montré que le froid attribué à la lumière de la lune est simplement la conséquence de la radiation noc-

turne, dans une saison où le thermomètre est fréquemment, pendant la nuit, à 5° ou 6° degrés au-dessus de zéro (1). Dans ces conditions, où la température d'un végétal descend fréquemment au-dessous du point de congélation, une culture peut souffrir de la gelée. Le phénomène se réalisera particulièrement par un ciel serein ; or, c'est alors que la lune est visible ; quand au contraire elle est cachée par les nuages, le temps est couvert et alors la condition principale de la radiation nocturne ne se présente pas : la température des corps terrestres ne s'abaissera plus au-dessous de celle de l'air ambiant, et les plantes ne gèleront qu'autant que l'atmosphère elle-même sera à zéro. Ainsi, comme l'a fait remarquer M. Arago, l'observation des jardiniers n'était point fausse, elle était incomplète.

Si le gel des parties molles des végétaux, dans des circonstances où l'air reste à plusieurs degrés au-dessus du point de congélation, est réellement dû à l'émission des rayons calorifiques vers l'espace céleste, il doit arriver qu'un écran placé au-dessus d'un corps qui rayonne, de manière à masquer une portion du ciel, doit en empêcher ou tout au moins en affaiblir le refroidissement. C'est effectivement ce qui a lieu. D'après les belles recherches de Wells, un thermomètre posé sur une planche d'une certaine épaisseur à un mètre au-dessus du sol, indique quelquefois, par un temps calme et serein, 5 degrés de

(1) Arago, *Annuaire des longitudes*, année 1822.

moins qu'un second thermomètre fixé sous la face inférieure de la planche (1). Ainsi s'explique l'utilité des nattes, des châssis, des couches de pailles, en un mot de tous ces abris légers avec lesquels les jardiniers couvrent les plantes délicates. Avant qu'on sût que les corps placés à la surface de la terre deviennent, pendant une belle nuit, plus froids que l'air qui les entoure, on n'apercevait pas la raison de cette pratique, car il était réellement impossible de concevoir que d'aussi minces écrans pussent garantir une plante de la basse température de l'atmosphère.

Ces moyens, aussi simples qu'efficaces de protéger les plantes dans les jardins, sont rarement applicables dans la grande culture, où la surface à préserver est toujours très-étendue. Cependant, dans les hivers rigoureux, le froid en pénétrant dans le sol détruirait souvent les champs ensemencés en automne si, dans les hautes latitudes, la neige en couvrant la terre, ne devenait pas un puissant obstacle au refroidissement, en agissant à la fois comme une enveloppe et comme un écran. Comme une enveloppe, car la neige est une des substances les moins conductrices, une de celles qui, pour une épaisseur donnée, s'oppose le plus au passage de la chaleur; elle est donc un obstacle à peu près insurmontable à ce que la terre qui la supporte se mette en équilibre de température avec l'atmosphère. Comme un écran, parce qu'en abritant le sol, la neige le soustrait au refroidissement

(1) Arago, *Annuaire des longitudes*, année 1839, p. 150

qu'il ne manquerait pas d'éprouver dans les nuits sereines en rayonnant vers les cieux. On sait d'ailleurs qu'en Europe, le manque de neige occasionne souvent la perte des céréales d'automne.

C'est en effet à la surface de la neige qu'a lieu le plus grand abaissement de température, pendant la nuit, comme le prouvent quelques observations faites en février de 1841. J'avais : 1° un thermomètre sur la neige, la boule de l'instrument était recouverte de 2 à 3 millimètres de neige en poudre; 2° un thermomètre dont le réservoir se trouvait placé sous la couche de neige, et par conséquent en contact avec le sol; 3° un thermomètre à l'air libre, à 12 mètres au-dessus du sol, au nord d'un bâtiment.

La couche de neige avait alors un décimètre d'épaisseur; elle couvrait, depuis un mois, un champ ensemencé de blé sur lequel le soleil donnait en plein, les jours où j'ai observé.

Voici le détail des observations :

11 février à cinq heures du soir depuis une demi-heure, le soleil est caché par les montagnes. Ciel découvert, air très-calme.

Thermomètres :	Degrés.
Sous la neige.....	0
Sur la neige.....	— 1,5 (1)
A l'air libre..	2,5

12 février ; la nuit a été très-belle, pas de nuages,

(1) A peine le soleil était-il caché derrière les montagnes, que le rayonnement de la surface de la neige devenait sensible.

air calme ; à sept heures du matin, le soleil n'éclaire pas encore le champ.

Thermomètres ;	Degrés.
Sous la neige.....	— 3,5
Sur la neige.....	— 12,0
A l'air libre..	— 3,0

A cinq heures et demie du soir le soleil est caché par les montagnes :

Thermomètres :	Degrés.
Sous la neige.....	0,0
Sur la neige.....	— 1,4
A l'air libre.....	+ 3,0

13 février. A sept heures du matin, ciel gris, air un peu agité.

Thermomètres :	Degrés.
Sous la neige.....	— 2,0
Sur la neige.....	— 8,2
A l'air libre.....	— 3,8

A cinq heures et demie du soir, air calme, ciel découvert, le soleil caché depuis quelque temps.

Thermomètres :	Degrés.
Sous la neige.....	0,0
Sur la neige.....	— 1,0
A l'air libre.....	+ 4,5

14 février, à sept heures du matin, vent d'ouest, pluie fine.

Thermomètres :	Degrés.
Sous la neige.....	0,0
Sur la neige.....	0,0
A l'air libre.....	+ 2,0

Quand on réfléchit sur les pertes qu'occasionne aux cultivateurs la gelée causée par le refroidissement

nocturne, aux époques où les plantes ont déjà une végétation avancée, on se demande s'il n'existe pas un moyen praticable de préservation ? Je vais faire connaître une méthode suivie avec succès par les Indiens. Les indigènes du haut Pérou, particulièrement ceux des plaines si élevées du Cuzco, sont peut-être plus exposés qu'aucun autre peuple à voir leurs récoltes détruites par l'effet du rayonnement nocturne. Les Incas avaient parfaitement déterminé les conditions sous lesquelles on doit craindre la gelée pendant la nuit. Ils avaient reconnu qu'il ne gèle que lorsque le ciel est pur et l'atmosphère tranquille ; sachant par conséquent que la présence des nuages s'oppose à la gelée, ils avaient imaginé, pour préserver leurs champs contre le froid, de faire naître, pour ainsi dire, des nuages artificiels. Lorsque la nuit s'annonçait de manière à faire craindre une gelée, c'est-à-dire lorsque les étoiles brillaient d'un vif éclat et que l'air était peu agité, les Indiens mettaient le feu à des tas de paille humide, au fumier, afin de produire beaucoup de fumée, et de troubler, par ce moyen, la transparence de l'atmosphère dont ils avaient tant à redouter. On conçoit, au reste, qu'il est facile de troubler la transparence d'un air calme en faisant de la fumée ; il en serait tout autrement s'il faisait du vent, mais alors la précaution elle-même deviendrait tout à fait inutile, puisque dans un air agité, quand le vent souffle, on n'a plus à craindre la gelée causée par la radiation nocturne.

La pratique que je viens de mentionner, est décrite

par l'Inca Garcilaso de la Vega, dans ses *Commentarios reales del Peru*. Garcilaso était né dans la ville impériale de Cuzco, et dès son enfance il avait vu maintes fois les Indiens faire de la fumée pour préserver leurs champs de maïs de la gelée. Voici d'ailleurs la traduction du passage vraiment curieux de l'historien du Pérou.

« Lorsque les Indiens voyaient, à la nuit tombante, « le ciel découvert et sans aucun nuage, craignant « alors la gelée, ils brûlaient du fumier afin de pro- « duire de la fumée, et chacun d'eux en particulier « tâchait de faire de la fumée dans sa cour, parce « qu'ils disaient que la fumée empêche la gelée en « faisant comme les nuages l'office d'une couverture. « Ce que je rapporte ici, je l'ai vu pratiquer dans le « Cosco. Si les Indiens le pratiquent encore aujour- « d'hui, je n'en sais rien ; je n'ai jamais su non plus « s'il est vrai que la fumée puisse empêcher la gelée, « car alors j'étais trop enfant pour chercher à ap- « profondir ce que je voyais faire aux Indiens (1). »

Le refroidissement des corps occasionné par la radiation nocturne est toujours accompagné d'un dépôt d'humidité qui s'opère à leur surface sous forme de gouttelettes, de *rosée*. Les ingénieuses expériences de Wells ayant démontré que l'apparition de la rosée suit constamment et ne précède jamais l'abaissement de la température des objets sur lesquels elle se dé-

(1) Les heureux effets de la fumée, pour prévenir la congélation nocturne, sont aussi signalés par Pline le naturaliste.

pose, le phénomène ne peut être attribué qu'à une simple condensation de la vapeur aqueuse contenue dans l'air, comparable en tout point à la précipitation qui s'opère sur les parois d'un vase renfermant un liquide plus froid que l'air (1). La quantité d'humidité que l'atmosphère renferme est d'autant plus grande que la température est plus élevée. Aussi dans les pays très-chauds, la rosée apparaît avec assez d'abondance pour favoriser la végétation en suppléant à la pluie pendant une grande partie de l'année. Dans l'opinion de plusieurs météorologistes, ce serait sur les côtes que l'on observerait la rosée la plus forte; elle serait presque nulle dans l'intérieur des grands continents, et ne se manifesterait que dans le voisinage des lacs et des fleuves (2). J'avoue que je ne saurais partager cette opinion énoncée d'une manière aussi absolue. Je n'ai jamais eu l'occasion de voir une rosée aussi abondante que celle qui se produit quelquefois dans les steppes de San-Martin, à l'est de la Cordilière orientale des Andes, à une très-grande distance de la mer; son abondance était telle, que pendant plusieurs nuits il me fut impossible d'employer un horizon artificiel en verre noir, pour prendre des hauteurs méridiennes d'étoiles; à l'instant même où l'appareil était en présence du ciel, il se déposait une si grande quantité d'eau à la surface du verre qu'elle ruisselait de tous côtés; il fallut avoir

(1) Arago, *Annuaire des longitudes*, année 1837, p. 160.
(2) Kaemtz, *Météorologie*, p. 105, traduct.

recours au mercure pour recevoir l'image de l'étoile en observation (1). Durant les nuits pures et calmes, le gazon de ces plaines immenses reçoit, sous forme de rosée, une quantité considérable d'humidité qui tempère, par son évaporation, l'excessive chaleur du jour. Dans les climats tropicaux, les forêts contribuent à abaisser la température, à la naissance et à l'entretien des sources, en faisant passer la vapeur aqueuse de l'air à l'état de rosée. Dans les régions très-chaudes il est rare de bivouaquer dans une clairière, lorsque la nuit est favorable à la radiation, sans entendre l'eau dégoutter continuellement des arbres environnants. Je puis citer, entre bon nombre d'observations de ce genre, celle que je fis dans une forêt du Cauca. Au *contadero de las coles*, où je bivouaquai ; la nuit était magnifique, et cependant dans la forêt dont les premiers arbres se trouvaient à quelques mètres, il pleuvait abondamment ; la lumière de la lune permettait de voir l'eau ruisseler de leurs branches supérieures (2).

Il est possible que la transpiration des parties vertes des arbres vienne s'ajouter à la rosée et augmenter l'intensité du phénomène que je décris, mais j'incline à croire que le refroidissement des feuilles par voie de radiation a la plus large part dans la production de l'humidité. Il est vrai que de toutes les feuilles

(1) C'était en 1824, lors de la campagne entreprise pour lever la carte du rio Méta : MM. Roulin et Rivero, qui faisaient partie de l'expédition, ont été témoins de ce fait.

(2) Dans la nuit du 4 au 5 juillet 1827.

qui garnissent la cime d'un arbre, celles dont la totalité ou une partie de la surface rayonne librement vers l'espace, interceptent, comme le ferait un écran, la radiation des branches inférieures, d'autant plus, que les bois de l'équateur sont tellement fourrés, que souvent ils sont impénétrables à la lumière. Mais, comme l'a fait observer M. de Humboldt, si les branches qui couronnent un arbre se refroidissent directement par émission, celles situées immédiatement au-dessous donneront, en rayonnant vers la partie inférieure des feuilles déjà refroidies, plus de chaleur qu'elles n'en recevront; leur température baissera nécessairement, et ce refroidissement se propagera de haut en bas, jusqu'à ce que la masse entière de l'arbre y participe. C'est ainsi que l'air ambiant, en circulant entre les feuilles, se refroidit durant les nuits claires; et pour juger de l'influence qu'un sol forestier exerce sur l'abaissement de la température d'une contrée, il suffit de se rappeler avec M. de Humboldt, qu'en raison de la multiplicité de ses organes foliacés, un arbre dont le sommet ne présente qu'une section horizontale de 40 mètres carrés, influe réellement sur le refroidissement de l'atmosphère par une surface plusieurs milliers de fois plus étendue que cette section (1).

La proportion de vapeur contenue dans un gaz étant d'autant plus grande que la température est plus élevée, toutes les causes qui refroidissent l'air

(1) Humboldt, *Asie centrale*, t. III, p. 303.

saturé d'humidité occasionnent, comme nous l'avons reconnu précédemment, la précipitation d'une certaine quantité d'eau. Quand cette condensation s'opère au sein d'une masse gazeuse, l'eau précipitée se constitue en petites vésicules creuses, flottantes, troublant la transparence du milieu où elles sont momentanément en suspension. Ces vésicules, par leur accumulation, forment les nuages ou les brouillards; car, comme l'a dit un physicien célèbre, un brouillard est un nuage où l'on est, et un nuage est un brouillard où l'on n'est pas.

Ces vésicules tombent vers la terre comme tous les corps, mais par suite de leur légèreté, la résistance de l'air qu'elles déplacent diminue la rapidité de leur chute (1). Lorsqu'elles deviennent plus volumineuses, elles constituent, par leur réunion, des gouttes d'eau qui tombent avec une plus grande vitesse. Quand ces gouttes traversent des couches d'air très-sèches, elles se vaporisent en partie; et, c'est pour cette raison qu'il tombe quelquefois moins de pluie dans la plaine que sur les montagnes. Dans des circonstances différentes, c'est le phénomène inverse que l'on observe; les gouttes augmentent de masse en passant par les régions inférieures d'une atmosphère saturée, parce qu'alors elles en condensent de la vapeur; c'est même le cas le plus général.

En discutant un grand nombre d'observations, les météorologistes en ont tiré la conséquence que la

(1) Kaemtz, *Météorologie*, p. 123, traduct.

quantité annuelle de pluie varie avec la latitude, qu'elle augmente à mesure que l'on approche de l'équateur, ce qui revient à dire que cette quantité croît avec la température du climat. Il y a cependant, d'assez nombreuses exceptions. Ainsi, presque sous la ligne équinoxiale, à Payta, sur le bord de la mer, il ne pleut que fort rarement, la pluie est un événement, et lorsque je m'y trouvai il y avait plus de dix-huit ans qu'on avait eu une averse. Les causes locales ont la plus grande influence sur le phénomène de la pluie; aussi à parité de latitude, les pays sont loin d'être également humides.

On croit avoir reconnu en Europe qu'il pleut davantage le jour que la nuit. Dans les régions équinoxiales, du moins dans les parties que j'ai visitées, il semblerait que c'est le contraire qui a lieu. Tout le monde admet qu'il y pleut principalement pendant la nuit. C'est ce que confirmeraient des observations que j'ai faites dans les environs de Marmato (*al rodeo*), et dont voici les résultats :

PLUIE EN CENTIMÈTRES. ANNÉE 1827.

	Le jour.	La nuit.	Pluie totale.
Octobre...	3,4	15,1	18,5
Novembre.	1,8	20,8	22,6
Décembre..	0,2	15,9	15,1

Deux séries d'observations exécutées dans la même contrée, sur deux points assez voisins, mais placés à des élévations fort différentes, justifieraient pour la zône équatoriale la conclusion des météorologistes

européens, en ce sens que la quantité annuelle de pluie diminue en même temps que la hauteur au-dessus du niveau de la mer augmente. Elles montreraient que, sous des latitudes très-peu différentes, il pleut davantage là où la température moyenne est de 20°,45, que là où elle est de 14°,5.

Marmato est située par 5° 27′ N., et par 5h 11′ de long. O. Altitude 1,426 mètres. Santa-Fé par 4° 36′ N, long. O. 5h 6′; latitude 2,650 mètres.

PLUIE EN CENTIMÈTRES.

	Marmato,		Santa-Fé.
	1833.	1834 (1).	1807 (2).
Janvier....	8,1	1,8	6,6
Février. ...	12,2	5,4	1,7
Mars.	22,1	5,	0,6
Avril.....	10,2	17,9	6,0
Mai.... ...	27,9	22,4	15,3
Juin.....	23,6	33,4	7,9
Juillet.	0,0	7,8	9,5
Août.....	0,0	2,5	12,3
Septembre..	5,1	13,2	1,8
Octobre....	9,4	25,7	12,7
Novembre..	33,3	17,8	9,5
Décembre..	2,5	17,8	16,4
	154,4	171,2	100,3

Cependant de précieuses observations météorologiques faites par M. Carlos Aguirre, sous l'équateur, dans la métairie d'Antisana, à 4100 mètres d'altitude établissent qu'il ne faut pas généraliser.

(1) Observations des officiers des mines.

(2) Observations de Caldas.

Voici l'eau tombée à l'Antisana, près Quito, pendant sept mois (1).

		Pluie en centimètres.
Année 1846.	Janvier.....	4,2
	Février.....	9,7
	Mars.....	11,8
	Avril.....	20,9
	Mai.....	23,2
	Juin.....	27,3
	Juillet.....	27,8
	Août.....	41,9
En sept mois.....		166,8

Dans les climats tempérés, la fréquence de la pluie varie avec les saisons. Près de l'équateur où la température reste constamment la même, les fortes pluies, la saison des orages, commence précisément à l'époque où le soleil approche du zénith. Toutes les fois que la latitude d'un point de la zône équinoxiale est de même dénomination et égale à la déclinaison du soleil, les orages se forment. Dans de semblables circonstances, le ciel, dans la matinée, est souvent d'une pureté remarquable; l'air est calme, la chaleur du soleil insupportable. Vers midi des nuages s'élevent sur l'horizon, l'hygromètre ne marche pas au sec comme cela a lieu ordinairement, il reste fixe ou avance vers le signe de l'humidité extrême. C'est toujours après la culmination de l'astre que le tonnerre se fait entendre; il est ordinairement

(1) Ces résultats sont extraits d'une suite d'observations que M. Carlos Aguirre a exécutées avec un zèle et une précision qui lui assurent la reconnaissance des météorologistes.

précédé d'un vent léger, et bientôt la pluie tombe par torrent.

Dans mon opinion, la permanence des orages dans le sein de l'atmosphère est un fait capital, parce qu'il se rattache à une des questions les plus importantes de la physique du globe, celle de la fixation de l'azote de l'air dans les êtres organisés.

Les recherches les plus récentes indiquent pour la composition en volume de l'air atmosphérique sec :

Oxygène.....	20,8
Azote.....	79,2

L'air contient encore 2 à 5 dix millièmes de gaz acide carbonique, et des quantités bien plus faibles encore de vapeurs ammoniacales.

Nous avons établi précédemment que les animaux ne s'assimilent pas directement l'azote atmosphérique. L'azote est cependant un élément essentiel à la constitution de tout être vivant de l'un ou de l'autre règne. Si l'on recherche quelle peut être la source de ce principe dans les herbivores, on la trouve tout naturellement dans les végétaux alimentaires. Si l'on s'enquiert ensuite de l'origine la plus prochaine de l'azote des plantes, on la découvre surtout dans les engrais provenant plus particulièrement des débris des animaux ; car les plantes, pour prospérer, pour se développer activement, doivent recevoir par leurs racines une nourriture azotée. On arrive ainsi à concevoir, que les végétaux fournissent

l'azote aux animaux, et que ces derniers le restituent au règne végétal lorsque leur existence est accomplie; on croit reconnaître, en un mot, que la matière organisée vivante tire la plus grande partie de son azote de la matière organisée morte.

Cette conclusion tendrait à établir que la matière vivante est limitée à la surface du globe, et que sa limite est posée en quelque sorte par la quantité d'azote actuellement en circulation dans les êtres doués d'organisation ; mais la question doit être envisagée d'un point de vue plus élevé, en demandant quelle est l'origine de l'azote qui entre dans la constitution de la matière organique considérée dans son ensemble.

Si nous examinons maintenant quels sont les gisements de l'azote, nous trouverons, en mettant en dehors les êtres organisés ou leurs débris, qu'il n'y en a véritablement qu'un seul : l'atmosphère. Il est donc extrêmement probable que les êtres vivants ont emprunté l'azote à l'atmosphère, comme ils lui ont certainement emprunté le carbone (1).

La supposition la plus vraisemblable, dans l'état actuel de la science, est de considérer comme l'origine des substances azotées des végétaux, et par suite des animaux, soit les vapeurs ammoniacales de l'atmosphère, soit l'ammoniaque formée aux dépens de l'azote de l'air pendant la combustion lente des ma-

(1) Boussingault, *Annales de Chim. et de Phys.*, t. LXXI, année 1839.

tières hydrogénées. Une des conséquences de cette supposition, c'est d'admettre que le carbonate d'ammoniaque préexistait déjà dans l'atmosphère avant l'apparition des êtres vivants sur le globe. Le phénomène de la constance des orages tend à justifier cette opinion. On sait, en effet, que toutes les fois qu'une série d'étincelles électriques passe dans de l'air humide, il y a production et combinaison d'acide nitrique et d'ammoniaque ; le nitrate d'ammoniaque accompagne d'ailleurs constamment l'eau des pluies d'orage; mais ce nitrate, étant fixe de sa nature, ne saurait se maintenir à l'état de vapeur : c'est d'ailleurs du carbonate ammoniacal que l'on a signalé dans l'air. En rappelant les réactions que j'ai fait connaître, on conçoit aisément que l'ammoniaque du nitrate amenée sur la terre par la pluie, mise en contract avec les roches calcaires, se volatilise ensuite à l'état de carbonate lors de la prochaine dessiccation du sol. Ainsi, en définitive, ce serait une action électrique, la foudre, qui disposerait le gaz azote de l'atmosphère à s'assimiler aux êtres organisés. En Europe, où les orages sont rares, on accordera peut-être difficilement autant d'importance à l'électricité des nuages. Cependant, en négligeant ce qui se passe en dehors des tropiques, en considérant uniquement la zône équinoxiale il est possible de prouver que pendant l'année entière, tous les jours, probablement même à tous les instants, il se fait dans l'air une continuité de décharges électriques. Un observateur placé à l'équateur, s'il était doué d'organes assez sensibles,

y entendrait continuellement le bruit du tonnerre.

A mesure qu'on s'éloigne de l'équateur, l'époque pluvieuse devient moins périodique. Sous les tropiques, les pluies d'orages, toujours les plus abondantes, tombent pendant que le soleil passe dans la proximité du zénith. Dans notre hémisphère il pleut surtout durant l'hiver ; sur des points assez méridionaux la pluie d'été est tout à fait insignifiante. En désignant par 100 la quantité annuelle de pluie, on a :

	Madère.	Lisbonne.
Hiver.....	51	40
Printemps....	16	34
Eté.....	3	3
Automne.....	30	23

Il tombe moins de pluie dans la partie orientale de l'Europe que dans la région occidentale. Cette pluie annuelle est d'ailleurs distribuée fort inégalement dans les différentes saisons, ainsi que l'a établi M. de Gasparin dans un travail remarquable. Si l'on exprime par 100 la quantité de pluie mesurée dans un an, on a pour chaque saison :

	Angleterre occidentale.	France occidentale.	France orientale.	Allemagne.	Saint-Pétersbourg.
Hiver.....	26	23	20	18	15
Printemps..	20	18	23	22	18
Été.....	23	25	29	37	37
Automne...	31	34	28	23	30

La quantité d'eau qui tombe dans une année varie considérablement, suivant les climats ; pour se former une idée de l'étendue de ces variations, il suffit d'exa-

miner quelques-uns des résultats enregistrés dans les observatoires :

	Centim.		Centim.
Saint-Domingue (Cap français)	308	Viviers	92
Grenade (Antilles)	284	Lyon	89
Bombay	208	Manchester	84
Kendal	156	Strasbourg	71
Gènes	140	La Rochelle	66
Alais	99	Paris	56
Milan	96	Londres	53
Naples	95	Saint-Pétersbourg	46
Douvres	95	Stochkolm	44

Sous le rapport agricole, c'est moins la quantité annuelle d'eau que reçoit une contrée que la répartition mensuelle de la pluie qu'il importe de connaître ; c'est de cette répartition que dépend le plus souvent la fertilité ou l'aridité du sol. Dans les localités suivantes, on reçoit par mois :

PLUIE EN CENTIMÈTRES.

	JANVIER.	FÉVRIER.	MARS.	AVRIL.	MAI.	JUIN.	JUILLET.	AOUT.	SEPTEMBRE.	OCTOBRE.	NOVEMBRE.	DÉCEMBRE.
Kendal	13,6	13,0	8,0	7,6	8,8	6,9	12,6	12,8	12,6	13,8	12,2	15,5
Alais	8,7	6,1	6,1	8,4	9,0	4,5	5,2	4,4	13,2	14,0	11,1	8,1
Strasbourg	3,6	2,8	4,7	4,4	7,6	8,1	8,9	8,9	7,0	5,1	5,5	4,3
La Rochelle	5,6	5,1	3,9	4,2	5,1	4,1	4,3	4,2	6,9	7,9	7,5	6,8
Paris	3,8	4,1	2,8	5,3	6,0	6,1	5,9	5,1	5,0	3,7	4,7	3,8
Londres	3,7	3,2	3,0	3,3	4,1	4,4	6,1	4,6	4,7	5,3	5,6	4,4
Stockholm	1,2	1,5	1,9	0,8	4,5	1,7	6,1	10,7	6,1	3,3	3,4	2,3

§ 4. — De l'influence des défrichements sur la diminution des cours d'eau.

C'est une question importante, et aujourd'hui généralement agitée, que celle de savoir si les travaux agricoles des hommes peuvent modifier le climat d'un pays. Les grands défrichements, les dessèchements de marais si influents sur la répartition de la chaleur dans les différentes saisons de l'année, influent-ils aussi sur les eaux vives qui arrosent une contrée, soit en diminuant la quantité de pluie, soit en permettant aux eaux pluviales une évaporation plus prompte, lorsque des forêts ont été abattues et transformées en grandes cultures ?

Dans de nombreuses localités, on a cru reconnaître que, depuis un certain nombre d'années, des cours d'eau utilisés comme moteurs se sont très-sensiblement amoindris. Sur d'autres points, on est fondé à croire que les rivières sont devenues moins profondes; et l'étendue croissante des plages recouvertes de galets qui apparaissent sur leurs bords, semble attester la disparition d'une partie de leurs eaux ; enfin des sources abondantes se sont presque taries. Ces remarques ont principalement été faites dans les vallées dominées par de hautes montagnes, et l'on croit avoir remarqué que cette diminution des eaux a suivi de près l'époque à laquelle on a commencé à détruire, sans aucun ménagement, les bois qui se trouvaient répartis à la surface du pays.

Ces faits indiqueraient que là où des déboise-

ments se sont effectués, il y pleut moins qu'autrefois : c'est en effet l'opinion assez généralement adoptée, et, si on l'admettait définitivement sans un examen plus approndi, on serait conduit à tirer tout d'abord cette conséquence, que les défrichements diminuent la quantité de pluie que reçoit annuellement une contrée. Mais, en même temps que l'on a constaté les faits que je viens de rapporter, on a observé que, depuis le déboisement des montagnes, les rivières et les torrents qui semblent avoir perdu une partie de leurs eaux, présentent des crues subites et tellement extraordinaires qu'il en résulte souvent de grands désastres. De même on a vu, à la suite de violents orages, des sources à peu près sèches surgir tout à coup avec impétuosité, pour se tarir bientôt après. Ces dernières observations, on le conçoit facilement, doivent avertir de ne pas embrasser légèrement l'opinion commune, qui admet que la coupe des bois diminue la quantité annuelle de pluie : car il n'y aurait rien d'impossible à ce que non-seulement cette quantité n'ait pas varié, mais il pourrait encore arriver que le volume des eaux courantes fût resté le même, malgré les apparences de sècheresse présentées à certaines époques de l'année par les rivières et les sources : peut-être y trouverait-on cette seule différence, que l'écoulement de la même masse d'eau devient beaucoup plus irrégulier par l'effet du déboisement : par exemple, si les basses eaux que présente le Rhône pendant une partie de l'année, étaient compensées exactement par un nombre suffisant de grandes crues,

il en résulterait qu'aujourd'hui ce fleuve porterait encore à la Méditerranée le même volume d'eau qu'il y versait anciennement, à une époque antérieure aux déboisements qui ont eu lieu près de ses sources, et lorsque, probablement, sa profondeur moyenne n'était pas, comme de nos jours, sujette à des variations considérables. S'il en était ainsi, les forêts auraient toujours cet avantage, qu'elles régulariseraient, qu'elles ménageraient en quelque sorte l'écoulement des eaux pluviales. Si réellement les eaux courantes deviennent plus rares à mesure que les défrichements prennent de l'extension, cela doit tenir à ce qu'en effet les pluies sont devenues moins abondantes, ou bien à ce que l'évaporation est grandement favorisée par un sol que les arbres n'abritent plus à la fois contre les rayons du soleil et contre le vent. Ces deux causes, agissant dans le même sens, doivent souvent se combiner, et avant de chercher à évaluer isolément ce qui appartient à l'une et à l'autre, il convient d'abord de constater s'il est bien établi que les eaux courantes diminuent à la surface d'une contrée, au milieu de laquelle s'opère de grands défrichements ; en un mot, il faut voir si l'on n'a pas pris l'apparence du fait pour la réalité. C'est là, au reste, le point utile de la question ; car, une fois établi que les déboisements atténuent le volume des cours d'eau, il est beaucoup moins important de savoir si cette diminution est due à telle ou telle cause. Il faut donc rechercher s'il ne se trouve pas dans la nature un ordre de phénomènes qui puisse servir de cri-

térium pour arriver à la solution de cette question.

Les lacs sans issues qu'on rencontre soit dans les plaines, soit sur les divers étages des chaînes de montagnes, me paraissent éminemment propres à éclairer la discussion. On doit, en effet, considérer les lacs comme des jauges naturelles, destinées à évaluer, sur une échelle colossale, les variations que peuvent éprouver les eaux courantes qui arrosent un pays. Si la masse de ces eaux subit une variation dans un sens quelconque, il est évident que cette variation sera indiquée par le niveau moyen du lac, par cette raison que ce niveau varie à différentes époques de l'année, selon que la saison est sèche ou pluvieuse. Ainsi, le niveau moyen d'un lac s'abaissera si la quantité d'eau courante qu'il reçoit diminue; il s'élèvera, au contraire, si les eaux vives deviennent plus abondantes; enfin ce niveau restera stationnaire si le volume d'eau qui se rend dans le lac reste le même. Dans la discussion, j'ai considéré de préférence les observations relatives aux lacs sans issues; la raison en est facile à saisir, puisqu'il s'agit de constater des changements de niveau, souvent assez faibles. Je ne négligerai pas cependant ce qui concerne les lacs dont les eaux se déversent par un canal, parce que j'ai la conviction que leur étude conduit encore à des résultats assez précis. Avant d'entrer en matière, je dois donner quelques éclaircissements, afin de bien définir ce que j'entends par *changement de niveau*.

Les géologues reconnaissent que partout à la surface du globe le niveau apparent des eaux a éprouvé des variations considérables, soit qu'on porte son attention sur les bords de la mer, ou dans le voisinage des grands lacs. Le fait est constant et n'est révoqué en doute par personne. On n'est pas aussi généralement d'accord sur la réalité du phénomène ; les uns, et c'est le plus grand nombre, prétendent que dans beaucoup de cas le changement de niveau n'est qu'une illusion, que les masses d'eau ne se sont pas abaissées, mais que les côtes ont été soulevées. Les autres, au contraire, voient une véritable disparition de la masse de liquide, un vrai dessèchement; de part et d'autre, on apporte des raisons en faveur de l'une ou de l'autre manière de voir : je n'ai pas à prendre parti, pour le moment, dans la dispute qui divise les géologues. Je n'aurai nullement à m'occuper des côtes de l'Océan ; je n'invoquerai pas davantage les déplacements de rivages qu'on observe dans certains lacs, à la suite de circonstances géologiques dont l'examen est en dehors de mon sujet; ces déplacements, souvent énormes, paraissent, en général, avoir été occasionnés par de violentes catastrophes qui, à très-peu d'exceptions près, ont été antérieures aux temps historiques. Je ne ferai usage que des changements de niveau observés dans les lacs par nos devanciers ou par nos contemporains : en un mot, je n'attacherai de valeur qu'aux faits qui se sont accomplis sous les yeux des hommes, puisque c'est l'influence de leurs travaux sur l'état

météorologique de l'atmosphère que je me propose d'apprécier. Ce que j'ai à dire a été particulièrement observé en Amérique ; toutefois, je chercherai à établir que ce que je crois vrai pour l'Amérique le serait encore pour tout autre continent.

Une des parties les plus intéressantes de Venezuela est, sans aucun doute, la vallée d'Aragua. Située à une petite distance de la côte, douée à cause du relief du terrain, de climats variés et d'un sol d'une fertilité sans exemple, elle réunit à la fois les cultures propres aux régions tropicales et à l'Europe. Le blé réussit assez bien sur les hauteurs de la Vittoria ; bornée au nord par la chaîne du littoral, au sud par un système de montagnes lié aux Llanos, la vallée d'Aragua se trouve limitée à l'est et à l'ouest par une suite de collines qui la ferment complétement. Par cette singulière configuration, les rivières qui prennent naissance dans son intérieur n'ayant aucune issue vers l'Océan, forment, par leur réunion, le beau lac de Tacarigua ou de Valencia. Ce lac, au rapport de M. de Humboldt, excède en étendue celui de Neufchâtel ; il est élevé de 439 mètres au-dessus de la mer ; sa longueur est d'environ dix lieues : sa plus grande largeur ne dépasse pas deux lieues et demie.

A l'époque où M. de Humboldt visitait la vallée d'Aragua, les habitants étaient frappés du dessèchement graduel que subissait le lac depuis une trentaine d'années. En effet, il suffisait de comparer les descriptions données par les historiens avec son

état actuel pour reconnaître, après avoir fait une large part pour les exagérations, que les eaux s'étaient considérablement abaissées. Les faits parlaient assez haut d'eux-mêmes, Oviédo (1) qui, vers la fin du seizième siècle, avait souvent parcouru la vallée d'Aragua, dit positivement que Nueva-Valencia fut fondée en 1555, à une demi-lieue du lac de Tacarigua; or, en 1800, M. de Humboldt trouva cette ville à 5260 mètres du rivage (2).

L'aspect du terrain apportait d'ailleurs de nouvelles preuves : plusieurs monticules de la plaine conservent encore aujourd'hui le nom d'îles, qu'ils portaient autrefois à plus juste titre, lorsqu'ils étaient environnés d'eau ; les terres, mises à nu par le retrait du lac, se trouvaient transformées en admirables cultures de cotonniers, de bananiers et de cannes à sucre ; des constructions élevées sur la plage voyaient les eaux s'éloigner d'année en année. En 1796, des îles nouvelles firent leur apparition. Un point militaire important, une forteresse bâtie en 1740, dans l'île de la *Cabrera*, était alors dans une péninsule (3). Enfin dans deux îles de granit, celles de *Cura* et de *Cabo-Blanco*, M. de Humboldt rencontra, parmi les broussailles, à quelques mètres au-dessus du niveau des eaux, du sable fin rempli d'hélicites (4).

(1) Son *Historia de la provincia de Venezuela* a été publiée en 1723.

(2) Humboldt, t. V, p. 165.

(3) Humboldt, t. X, p. 148.

(4) Humboldt, t. V, p. 170.

Des faits aussi clairs, aussi certains, n'avaient pu manquer de faire naître de nombreuses explications, qui toutes avaient de commun une issue souterraine, permettant aux eaux un écoulement (1) vers l'Océan. M. de Humboldt fit justice de ces hypothèses, et, après un mûr examen des localités, le célèbre voyageur n'hésita pas à voir la cause de la diminution des eaux du lac Tacarigua dans les nombreux défrichements opérés depuis un demi-siècle dans la vallée d'Aragua. « En abattant les arbres qui couvrent la cime et le flanc des montagnes, a-t-il dit, les hommes, sous tous les climats, préparent aux générations futures deux calamités à la fois : un manque de combustile et une disette d'eau (2). »

Depuis Oviédo qui, comme tous les chroniqueurs, a gardé un silence absolu sur un amoindrissement du lac, la culture de l'indigo, celle de la canne, du coton, du cacao, avaient pris un immense développement. La vallée d'Aragua possédait, en 1800, une population aussi dense qu'aucune des parties les mieux peuplées de la France, et on était agréablement surpris de l'aisance qui régnait dans les nombreux villages de cette contrée industrieuse. Tel était l'état prospère de ce beau pays quand M. de Humboldt habitait la Hacienda de Cura.

Vingt-deux ans plus tard, j'explorais à mon tour la

(1) Humboldt, t. V, p. 171.
(2) Humboldt, t. V, p. 173.

vallée d'Aragua. J'avais fixé ma résidence dans la petite ville de Maracay. Depuis plusieurs années, les habitants avaient remarqué que non-seulement les eaux du lac ne diminuaient plus mais qu'elles éprouvaient une hausse très-sensible. Des terrains naguère occupés par des plantations étaient submergés. Les îles de las Nuevas Aparecidas, sorties des eaux en 1796, étaient devenues de nouveau des hauts fonds dangereux pour la navigation. La langue de terre de la Cabrera, au côté nord de la vallée, avait si peu de largeur, que la plus petite crue du lac l'inondait totalement. Un vent soutenu du nord-ouest suffisait pour couvrir d'eau la route de Maracay à Nueva-Valencia. Les craintes qu'avaient eues pendant si longtemps les riverains étaient changées de nature; on ne redoutait plus le dessèchement complet du lac; mais on se demandait si les envahissements successifs des eaux continueraient encore longtemps à s'emparer des propriétés; ceux qui avaient expliqué la diminution du lac en imaginant des canaux souterrains s'étaient empressés de les boucher pour donner raison de l'exhaussement.

Dans les vingt-deux ans qui venaient de s'écouler, de graves événements politiques s'étaient accomplis; Venezuela n'appartenait plus à l'Espagne. La paisible vallée d'Aragua avait été le théâtre des luttes les plus sanglantes; la guerre à mort avait désolé ces riantes contrées, décimé ses populations. Au premier cri d'indépendance, un grand nombre d'esclaves trou-

vèrent leur liberté en s'enrôlant sous les drapeaux de la nouvelle république; les grandes cultures furent abandonnées, et la forêt,si envahissante sous les tropiques, eut bientôt repris une grande partie du terrain que les hommes lui avaient arraché par plus d'un siècle de travaux constants et pénibles. Lors de la prospérité croissante de la vallée d'Aragua, les principaux affluents du lac étaient détournés pour servir à de nombreuses irrigations; les rivières restaient à sec pendant plus de six mois de l'année. A l'époque que je rappelle, leurs eaux, qui n'étaient plus utilisées, coulaient librement.

Ainsi, pendant le développement de l'industrie agricole de la vallée d'Aragua, lorsque les défrichements se multiplient, quand les grandes cultures prennent de l'extension, le niveau du lac baisse graduellement; plus tard, durant une période de désastres, heureusement passagers, les défrichements s'arrêtent, les terres occupées par la grande culture sont en partie rendues à la forêt; alors les eaux cessent de baisser, et bientôt elles prennent un mouvement ascensionnel non équivoque.

Je porterai maintenant la discussion, sans toutefois sortir de l'Amérique, dans une région où le climat, analogue à celui de l'Europe permet de cultiver les céréales; je veux parler des plateaux de la Nouvelle-Grenade, de ces hautes vallées, élevées de deux à trois mille mètres, jouissant, pendant toute l'année, d'une température de 14° à 16° centigrades. Les lacs sont fréquents dans les Cordilières; il me

serait facile d'en décrire un grand nombre ; mais je dois me borner à citer ceux qui ont été le sujet d'anciennes observations.

Le village d'Ubaté est placé dans le voisinage de deux lacs : il y a environ un siècle ces deux lacs n'en formaient qu'un seul (1). Depuis, on a vu les eaux diminuer successivement, et de nouvelles plages s'étendre d'année en année. Aujourd'hui des champs de blés, d'une fertilité extrême, couvrent un terrain qui était encore complétement inondé il y a trente ans (2).

En parcourant les environs d'Ubaté, en consultant les plus vieux chasseurs du pays, en compulsant les archives des paroisses, on reste convaincu que de nombreuses forêts ont été abattues. Les défrichements continuent, et il est constant que la retraite des eaux, bien que beaucoup plus lente qu'autrefois, n'a pas encore entièrement cessé.

Le lac de Fuquené, situé dans la même vallée, mérite toute notre attention. Par des mesures barométriques faites avec un soin extrême, j'ai trouvé qu'il a la même élévation que ceux d'Ubaté. Il y a près de deux siècles que ce lac fut visité par don Lucas Fernandez de Piedrahita, évêque de Panama, auteur de l'*Histoire de la conquête de la Nouvelle-Grenade;* cet écrivain dont j'ai eu plus

(1) J'ai trouvé la hauteur de ces lacs de 2562 mètres.

(2) L'abaissement du niveau moyen d'un lac est d'autant plus facile à constater, qu'une baisse de quelques centimètres met souvent à sec une très-grande surface de terrain.

d'une fois l'occasion de constater l'exactitude qu'il a mise dans l'évaluation des distances, donne au lac de Fuquené dix lieues de longueur sur trois lieues de largeur (1). Par une circonstance des plus heureuses, le docteur Roulin a eu, en 1826, l'occasion de lever un plan de ce lac, auquel il a trouvé une lieue et demie de longueur sur une lieue de largeur.

On pourrait craindre que les dimensions adoptées par Piedrahita ne soient outrées. Je ne le crois pas; et, en m'appuyant d'un côté sur mes nivellements barométriques, de l'autre sur le silence que gardent les chroniques à l'égard des lacs d'Ubaté, silence d'autant plus remarquable qu'elles citent des amas d'eau beaucoup moins considérables, j'incline à croire qu'à l'époque ou l'évêque de Panama visitait ce pays, il n'y avait qu'un seul grand lac qui s'étendait sans interruption depuis Ubaté jusqu'à Zimijaca; dans cette supposition l'évaluation de Piedrahita n'a plus rien d'exagéré. Au reste, le fait de la retraite des eaux est beaucoup plus important que l'évaluation de la surface du terrain laissé à sec; ce fait n'est révoqué en doute par personne : les habitants de Zimijaca savent tous que le village fut bâti très-près du lac : dont il se trouve aujourd'hui à environ une lieue. Anciennement, on se procurait aisément les bois de construction; les montagnes voisines étaient couvertes, jusqu'à une

(1) Piedrahita, *Historia de la conquista de la Nueva Granada*, p. 5.

certaine hauteur, des arbres propres à ces régions froides; le chêne de la Cordilière (*encinos*) y abondait; on y trouvait aussi de nombreux lauriers (*myrica*), dont on tirait une grande quantité de cire. Maintenant, ces montagnes sont presque totalement déboisées; c'est principalement à l'exploitation des sources salées de Taosa et d'Ennemocon qu'on attribue la destruction rapide des bois, dans les environs d'Ubaté et de Fuquené. A ces faits authentiques, que je pourrais au besoin multiplier, on répondra sans doute que la disparition des eaux, tout incontestable qu'elle est, aurait peut-être eu lieu sans le déboisement. On peut soutenir à la rigueur que le dessèchement est dû à une tout autre cause à nous inconnue, et qu'il faut le ranger parmi les nombreux phénomènes dont nous constatons la réalité, mais qu'il ne nous est pas donné d'expliquer.

Je n'ai pas à citer ici, comme pour le lac de Valencia, une recrudescence des eaux, occasionnée par l'abandon de la culture et l'apparition de nouveaux bois. Je pourrais cependant invoquer, en faveur de l'opinion que je défends, la lenteur du dessèchement dans la vallée de Fuquené, depuis que l'abattage des arbres a cessé. Les cultivateurs, ne voyant plus se former aussi rapidement qu'autrefois ces terrains fertiles que le lac abandonne, pensent déjà au moyen d'obtenir directement ce qu'ils obtenaient par l'effet du déboisement du pays. C'est dans ce but qu'en 1826 des spéculateurs

avisaient au moyen propre à dessécher entièrement le fond de la vallée. Je préfère apporter une preuve d'un autre ordre, en montrant que des lacs qui sont dans une situation telle que jamais aucun déboisement n'a eu lieu dans leurs alentours, n'ont éprouvé aucun changement dans leur niveau.

Je commencerai par le lac de Tota, parce qu'il n'est pas très-éloigné de Fuquené, qu'il se trouve d'ailleurs dans des circonstances géologiques semblables, et qu'il est en même temps le lac le plus curieux qu'on puisse rencontrer dans toute la Nouvelle-Grenade.

Le lac Tota est placé sur un point très-élevé de la Cordilière de Sogamoso ; son élévation doit approcher de 4,000 mètres. A cette hauteur, la végétation disparaît presque entièrement. On aperçoit çà et là dispersées sur la roche de grès, quelques-unes des plantes qui caractérisent la région des Paramos, des saxifrages, des frailejones enduits d'un épais duvet, et ces graminées, semblables à de la paille sèche, qui ont fait donner aux Savanes le nom de *Pajonales*.

Le lac est à peu près circulaire, et Piedrahita, qui le visita en 1542, lui assigne deux lieues de diamètre ; ses eaux, quand elles sont soulevées par les vents, forment des vagues qui en rendent la navigation dangereuse. Une tradition bien antérieure à la découverte de l'Amérique, fait résider dans le lac un monstre marin ; c'est lui qui agite les eaux et les verse sur le chemin tracé sur le rivage. Des personnes dignes de foi m'ont assuré avoir vu à la surface du

lac non un monstre, comme l'affirment les Indiens, mais bien une masse d'eau s'élever subitement et communiquer en retombant une agitation telle à la masse liquide que les vagues viennent inonder la route, que les voyageurs sont obligés de parcourir. Tout le monde reconnaîtra à cette description un phénomène analogue aux seiches du lac de Genève. Les Indiens ont la prétention de pouvoir prédire, par l'aspect de l'atmosphère, l'agitation des eaux, ou, comme ils le disent, si le lac doit se fâcher; il est alors prudent de ne pas se mettre en route. En 1652, le chemin passait, comme il passe encore aujourd'hui, tout au bord du lac, et les seiches, qui se succédaient alors avec autant de fréquence qu'à présent, rendaient le trajet tout aussi dangereux, la route se trouvant comprise entre le lac et un mur de rochers élevés. Les eaux baignent les mêmes roches, et leur niveau n'a pas éprouvé plus de changement que la contrée déserte et stérile qui les environne.

Peut-être trouvera-t-on qu'il ne fallait pas faire entrer dans la discussion, la description d'un lac placé à la dernière limite de la vie végétale. Dans la crainte que l'exemple que j'ai choisi parce qu'il me paraissait frappant, soit repoussé par cela même qu'il est pris au milieu d'une contrée rocheuse, pour ainsi dire dénuée de végétation, je me vois obligé de décrire de nouveaux lacs, moins élevés que celui de Tota, et dont les eaux sont restés stationnaires depuis des siècles, bien qu'ils soient placés au centre d'un pays riche par son agriculture, mais dont l'aspect n'a

jamais changé : c'est près de l'équateur, dans la province de Quito, que je les ai étudiés.

En laissant Ibarra pour se rendre à Quito, on traverse une vallée charmante, dans laquelle se rencontre le lac de San-Pablo ; les Indiens lui conservent son ancien nom de Chilcapan ; j'ai trouvé qu'il est élevé de 2,763 mètres au-dessus de l'Océan. La température correspondante à cette hauteur ne permet plus la culture du maïs ; mais on aperçoit de nombreux champs d'orge, d'avoine et de pommes de terre ; tout le fond du pays consiste en beaux pâturages parcourus par des troupeaux de moutons que l'on élève pour l'exploitation des laines qui alimentent les fabriques de draps de la province. Les villages riverains existaient bien avant la conquête ; la masse de la population est encore purement indienne ; elle a conservé ses usages et son idiome ; les choses paraissent se trouver dans l'état où elles étaient sous l'empire des Incas. La seule différence essentielle qu'il soit peut-être possible de signaler, c'est la substitution de pacage des moutons à celui des lamas : toutefois ces derniers animaux sont encore assez communs ; on rencontre fréquemment sur les routes des troupeaux de lamas, conduits par des Indiens qui les dirigent, chargés de marchandises, vers les villes voisines.

Un fait généralement admis, c'est que le plateau de San-Pablo n'est plus boisé depuis un temps immémorial. Sous les Incas, c'était déjà une terre de pacage. Des bergeries, établies depuis plus d'un siècle

au bord du lac, on n'a pas vu le rivage s'éloigner; et la route suivie par Huyana-Capac, quand il partit de Quito pour aller faire la conquête de Otavalu, fixe encore aujourd'hui la limite des eaux. La Cordilière placée entre la vallée de San-Pablo et les côtes de la mer du Sud est couverte, sur la pente orientale, de forêts impénétrables. J'indique cette circonstance, parce que j'ai la conviction qu'un grand déboisement, qui aurait lieu au-dessous d'un lac alpin, même à une assez grande distance, influerait encore sur le niveau des eaux.

Je pourrais citer, sans m'éloigner beaucoup de la localité que je viens de faire connaître, le singulier lac de Cuicocha remplissant un bassin trachytique, dans lequel deux îles, examinées avec beaucoup de soin par le colonel Hall, attestent la stabilité et la constance de son niveau. L'étude du lac Yaguar-Cocha, ou le lac de Sang, nommé ainsi depuis que Huayna-Capac en rougit les eaux avec le sang de 30,000 Indiens Canares qu'il fit égorger, nous conduirait à un résultat semblable. Ces deux lacs n'ont aucune issue; mais j'ai choisi de préférence celui de Chilcapan, précisément parce qu'il a une ouverture naturelle au nord, par laquelle sort le Rio-Blanco. J'ai voulu montrer qu'ainsi que je l'ai dit précédemment, les observations faites sur des lacs ouverts n'étaient pas à rejeter. L'effet que doit tendre à produire un cours d'eau, en sortant d'un lac par une gorge, est celui de creuser, d'approfondir cette gorge, et, par suite, d'en abaisser les eaux. J'ai fait voir que, malgré cette

circonstance, les eaux du Chilcapan n'ont pas baissé sensiblement. En examinant avec attention la roche de trachyte, là où le Rio-Blanco fait irruption, je n'ai rien remarqué qui indiquât une action érosive du cours d'eau. Dans les nombreuses cascades que j'ai été à même d'examiner, je crois avoir reconnu qu'en effet une chute d'eau peut creuser profondément les pierres les plus dures; mais je n'ai pas observé que l'eau eut une action bien prononcée lorsqu'elle coule sur une roche, à moins qu'elle n'entraîne, comme c'est généralement le cas pour les torrents, des cailloux dont le frottement continuel use les surfaces sur lesquelles ils glissent.

Je terminerai ce que j'ai à dire sur les lacs de l'Amérique méridionale en parlant de celui de Quilatoa, déjà situé dans l'autre hémisphère, parce qu'il a été observé avec exactitude, à deux époques suffisamment éloignées l'une l'autre, en 1740 et en 1831.

Quand on séjourne à Latacunga, ville située à peu de distance du volcan de Cotopaxi, on entend souvent parler des merveilles de la Laguna de Quilatoa. De temps à autre ce lac, en jetant des flammes embrase les arbustes qui croissent sur ses bords; il produit de fréquentes détonations qu'on entend à une très-grande distance. Il n'en fallait pas davantage pour déterminer la Condamine à entreprendre, en septembre 1738, une excursion au lac de Quilatoa. Il reconnut à ce lac 200 toises de diamètre; car il est tout à fait circulaire : il s'en fal-

lait de 20 toises environ pour que l'eau atteignît ses bords escarpés.

Le 28 novembre 1831, je me trouvais à mon tour près du lac de Quilatoa qu'on ne saurait mieux comparer qu'à un cratère dont l'eau occuperait le fond. J'ai trouvé qu'il est élevé de 3,918 mètres, c'est-à-dire qu'il appartient à la région froide; en effet, il est entouré de pâturages immenses, et 500 mètres plus bas se trouve la bergerie de Piliputzin; à l'est, la Cordilière occidentale des Andes est couverte jusqu'à la mer du sud, de forêts à peu près inconnues. Les renseignements que me donnèrent les bergers firent disparaître tout le merveilleux qu'on attribue au lac de Quilatoa; jamais ils n'avaient vu de flammes sortir de ses eaux, jamais ils n'avaient entendu de détonations. Le résultat de mon excursion fut de constater que les choses se trouvaient dans le même état où elles étaient à l'époque du voyage de la Condamine.

L'étude des lacs, si répandus en Asie, conduirait probablement à un résultat conforme à celui que j'ai déduit des observations faites dans l'Amérique méridionale, savoir, que les eaux courantes d'une contrée diminuent à mesure que les déboisements se multiplient, que la culture prend de l'extension. Les travaux récents de M. de Humboldt, en jetant un jour si nouveau sur cette partie du globe, semblent ne laisser que peu de doute à cet égard. Après avoir fait voir que le système de l'Atlaï va s'éteindre par une suite de coteaux dans les steppes de Kirghiz, et

que, par conséquent, la chaîne de l'Oural ne se lie pas à l'Atlaï, ainsi qu'on le croyait généralement, ce célèbre géographe montre que précisément là où l'on avait coutume de placer les monts Alghiniques, commence une région remarquable de lacs qui se continue dans les plaines traversées par les rivières d'Ichim, d'Omsk et d'Ob (1). On dirait que ces lacs nombreux sont le résidu de l'évaporation d'une grande masse d'eau dont le pays était couvert, et qui aurait été fractionnée en autant de lacs particuliers par la configuration du sol. En traversant la *steppe* de Baraba, pour se rendre de Tobolsk à Baraoul, M. de Humboldt a constaté que, partout, le dessèchement augmente rapidement par l'effet de la culture.

Il resterait à examiner les lacs de l'Europe au point de vue qui nous occupe. J'ai parcouru trop rapidement la Suisse pour que mon attention ait pu être suffisamment dirigée sur cette contrée intéressante. Heureusement, un observateur illustre nous a laissé des documents propres à fournir de nouvelles preuves de l'influence de la culture sur la diminution des eaux. Saussure, lors de ses premières recherches sur les lacs de la Suisse, sous le rapport de la température, examina ceux qui sont placés au pied de la première ligne du Jura.

Le lac de Neuchâtel a huit lieues de longueur; sa plus grande largeur ne dépasse pas deux lieues. Saus-

(1) Humboldt, *Fragments asiatiques*, t. I, p. 40-50.

sure fut frappé, en le visitant, de l'étendue qu'il devait avoir autrefois : car, dit-il, les grandes prairies horizontales et marécageuses qui le terminent au sud-ouest, ont été indubitablement couvertes d'eau comme l'ont été les plaines que l'on suit jusqu'au lac de Bienne.

Le lac Morat est séparé du lac de Neuchâtel par des marais horizontaux, qui, à n'en pas douter, étaient submergés autrefois. Alors, ajoute Saussure, les trois grands lacs de Neuchâtel, de Bienne et de Morat, se trouvaient réunis dans un seul bassin (1).

En Suisse, comme en Amérique, comme en Asie, les anciens lacs, qu'on pourrait appeler les lacs primitifs, ceux dont le fond des vallées était recouvert lorsque le pays était inculte et sauvage, se sont divisés, par l'effet du dessèchement, en un certain nombre de lacs indépendants.

Je terminerai la tâche que je me suis imposée en utilisant, dans l'intérêt de la discussion que je cherche à éclaircir, les observations de Saussure sur le lac de Genève. Ce lac est, pour ainsi dire, le point de départ des admirables travaux de ce physicien célèbre. Personne ne l'a mieux étudié que lui.

Saussure admet qu'à une époque bien antérieure aux temps historiques, les montagnes qui dominent le lac étaient ensevelies sous les eaux ; une catastrophe occasionna une débâcle, et bientôt le courant n'oc-

(1) Saussure, *Voyages dans les Alpes*, t. II, p. XVI.

cupa plus que le bas de la vallée : le lac de Genève fut formé.

En se fondant sur les monuments construits par les hommes, on ne saurait douter que depuis douze à treize cents ans les eaux du lac de Genève ne se soient graduellement retirées. C'est évidemment sur les plages qu'elles ont abandonnées que le quartier de Rive et les rues basses ont été bâtis (1). Cet abaissement de la surface du niveau du lac, poursuit Saussure, n'est pas seulement l'effet du creusement du canal de décharge, il a été produit aussi par une diminution dans la quantité des eaux affluentes.

La conséquence qu'il est permis de tirer des observations de Saussure, c'est que depuis douze à treize cents ans les eaux courantes ont diminué graduellement dans les contrées voisines du lac de Genève. Personne ne contestera, je pense, que, durant cette longue période, il n'y ait eu en Suisse d'immenses défrichements et un progrès toujours croissant dans la culture de ce beau pays. Par l'examen du niveau des lacs, nous sommes arrivés à cette conclusion que, dans les contrées où se sont opérés de grands défrichements, il y a eu très-probablement diminution dans les eaux vives qui coulent à la surface du terrain.

Les forêts, auraient donc pour effet de conserver le volume des eaux en s'opposant à ce qu'elles se réunissent et s'écoulent avec une trop grande

(1) Saussure, *Voyages*, t. I, chap. VI.

rapidité, et, en mettant un obstacle à l'évaporation. Qu'un sol ombragé d'arbres soit moins propre à favoriser l'évaporation qu'un terrain déboisé, c'est ce que tout le monde admettra sans difficulté ; mais pour bien observer les différences des deux conditions, il faut parcourir, après une saison pluvieuse, une route traversant successivement un pays découvert et un pays boisé. On remarque alors que la route de la forêt est encore couverte de boue, lorsque déjà le terrain découvert est entièrement sec.

C'est surtout dans l'Amérique méridionale que la difficulté de l'évaporation sur un sol garni par une abondante végétation est plus tranchée. Dans les forêts l'humidité y est constante, même longtemps après la saison des pluies ; les sentiers qu'on y pratique restent, pendant toute l'année, de véritables bourbiers ; l'unique moyen de dessécher ces routes forestières est de leur donner une largeur de 80 à 100 mètres, ce qui revient à dire qu'il faut faire un véritable défrichement.

Une fois admis que les eaux courantes diminuent par l'effet des défrichements et de la culture, il convient d'examiner si cette diminution provient d'une moindre quantité de pluie, ou d'une évaporation plus active, ou bien encore si elle est due aux irrigations.

J'ai posé en principe qu'il devait être à peu près impossible de faire nettement la part de ces diverses causes. J'essayerai toutefois, en terminant, de les apprécier d'une manière générale. La discussion

gagnera déjà quelque chose si l'on prouve qu'il y a diminution d'eaux courantes par l'effet seul du défrichement.

En ce qui concerne l'irrigation, il faut nécessairement distinguer le cas où une grande culture est substituée à la forêt, et celui où un terrain aride, est rendu cultivable par l'industrie de l'homme. Dans le premier cas, il est assez probable que l'irrigation n'atténue que fort peu les eaux courantes; car on doit admettre que la quantité d'eau consommée pour le compte de la végétation d'une surface donnée de forêts égale, si elle ne la surpasse pas, celle qui absorberait une même surface, livrée à la culture après le déboisement. Alors, l'influence exercée par ce terrain cultivé rentre dans la condition d'un sol défriché, agissant uniquement en favorisant l'évaporation. Dans le second cas, c'est-à-dire dans celui où une grande étendue de pays inculte aura été couverte de culture, il y aura évidemment consommation d'eau par la végétation qu'on aura favorisée; l'introduction de l'industrie agricole tendra donc à diminuer les cours d'eaux qui sillonnent ce pays. C'est très-probablement à cette circonstance qu'il faut attribuer le dessèchement graduel des lacs où se rassemblent une grande partie des eaux vives du nord de l'Asie.

Dans les considérations sur les lacs de Venezuela, de la Nouvelle-Grenade et de la Suisse, j'ai dit qu'on pouvait attribuer la disparition d'une partie des eaux courantes tributaires de ces lacs à une

moindre quantité de pluies ; mais on soutiendrait avec tout autant de raison, qu'elle est simplement la conséquence d'une évaporation plus rapide. Il est effectivement des circonstances sous l'influence desquelles la diminution des eaux vives est occasionnée par une évaporation plus active. On a cité à ce sujet de nombreux exemples ; mais, dans une discussion de ce genre, ce sont surtout les faits bien avérés qu'il convient d'accepter. Pour ce motif, je me bornerai à rapporter deux observations : l'une recueillie à l'île de l'Ascension, par M. Desbassyns de Richemont ; l'autre, aux mines de Marmato où j'ai séjourné plusieurs années.

Dans l'île de l'Ascension, on a vu une belle source placée au bas d'une montagne, primitivement boisée, perdre son abondance et se tarir lorsqu'on eut coupé les arbres. On attribua la perte de la source au déboisement ; on boisa de nouveau, et quelques années après, la source reparut peu à peu, et coula bientôt avec son ancienne abondance.

La montagne métallifère de Marmato est située dans la province de Popayan, au milieu des forêts. Le cours d'eau sur lequel les bocards sont établis est formé par la réunion de plusieurs petits ruisseaux qui prennent naissance sur le plateau de San-Jorge.

En 1826, lorsque je visitais ces mines pour la première fois, Marmato se réduisait à quelques misérables cabanes habitées par des nègres esclaves. En 1830, cette localité offrait l'aspect le plus animé ; on

y voyait de grands ateliers, une fonderie d'or, des machines pour diviser et amalgamer le minerai. Une population libre, de près de 3,000 habitants, se trouvait échelonnée sur la pente de la montagne. C'est dire que d'importantes coupes avaient été faites, tant pour la construction des machines et des habitations que pour la fabrication du charbon. En vue de faciliter le transport, ces coupes avaient eu lieu sur le plateau de San-Jorge. Le défrichement durait à peine depuis deux ans, que déjà l'on s'aperçut que le volume d'eau dont on dispose pour les machines avait diminué notablement (1). La question était grave, car à Marmato une diminution dans la quantité d'eaux motrices sera toujours suivie d'une diminution dans le produit en or.

Il n'est nullement probable que des défrichements locaux et aussi limités aient pu influer assez sur l'état météorologique de l'atmosphère pour faire varier la quantité annuelle de pluie. Il y a plus, à Marmato, aussitôt qu'on eut constaté la diminution des eaux, on s'empressa d'établir un pluviomètre (2). Dans le cours de la deuxième année d'observation, on mesura une quantité de pluie plus forte que celle recueillie pendant la première année, bien que les défrichements aient continué, et sans qu'on ait remarqué une augmentation appréciable dans les eaux motrices.

(1) Un jaugeage exact fait à différentes époques a prouvé la diminution des eaux motrices.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXI, p. 167.

Sans doute les observations udométriques de deux années sont insuffisantes, même sous les tropiques, pour accuser une variation définitive dans la quantité de pluie; mais elles établissent toujours que la masse d'eau courante a diminué, bien qu'on ait jaugé plus de pluie. Il est donc vraisemblable que des déboisements locaux, très-peu étendus, sont capables d'atténuer et même de faire disparaître des sources et des ruisseaux, sans que cet effet puisse être attribué à une moindre quantité d'eau pluviale.

Les éléments nous manquent pour examiner si les grands défrichements, peuvent rendre les pluies moins abondantes. Les observations udométriques conduiront seules à résoudre la question, et, malheureusement les observations qu'il est permis de discuter sont trop peu anciennes, car, en Europe, elles n'ont commencé qu'alors que les grands déboisements étaient déjà effectués. Les États-Unis d'Amérique, où les forêts disparaissent avec une inconcevable rapidité, réuniront sans doute dans un temps qui n'est pas très-éloigné, une série de faits précieux.

En étudiant, sous les tropiques, le phénomène de la pluie, je suis arrivé à me former sur la question du déboisement une opinion que j'ai déjà fait partager à plusieurs observateurs.

Pour moi, il est constant qu'un défrichement très-étendu doit diminuer la quantité annuelle de pluie qui tombe sur une contrée.

On a dit depuis longtemps que dans les régions

équinoxiales, l'époque de la saison pluvieuse revient chaque année avec une étonnante régularité : le fait est exact, mais il ne faut pas l'énoncer d'une manière trop générale.

La régularité dans l'alternance des saisons sèches et pluvieuses est très-prononcée dans les contrées dont le territoire est extrêmement varié. Ainsi, un pays offrant à la fois des forêts et des rivières, des montagnes et de grandes plaines, des lacs, des plateaux étendus, a des saisons périodiques parfaitement tranchées (1). Il n'en est plus de même si le territoire est plus uniforme, s'il devient en quelque sorte spécial. L'époque du retour des pluies sera beaucoup moins régulière, si les terrains arides dominent, si des cultures d'une grande extension remplacent en partie les forêts; si les rivières sont moins communes, les lacs plus rares (2). Les pluies seront alors moins abondantes, et, dans un semblable pays on éprouvera de temps à autre des sécheresses d'une longue durée.

Si, au contraire, des forêts épaisses recouvrent la presque totalité du territoire; si les rivières sont multipliées, les cultures limitées, l'irrégularité dans les saisons aura encore lieu, mais alors dans un sens différent. Les pluies domineront, elles seront pour ainsi dire incessantes (3).

(1) Venezuela, les Llanos, plateaux de la Nouvelle-Grenade, de Quito, plaines de la Magdalena, province d'Antioquia, provinces de Guayaquil, de Cartagena.

(2) Provinces de Socorro, de Sogamoso, de Cumana, de Coro, de Cuenca, de Piura.

(3) Choco, forêts de l'Orénoque.

Le continent américain nous offre, sur un développement immense, deux régions placées sous les mêmes conditions de température, et dans lesquelles on rencontre successivement les circonstances les plus favorables à la formation de la pluie, et celles qui lui sont entièrement opposées.

A partir de Panama, en se dirigeant vers le sud, on trouve la baie de Cupica, les provinces de San-Buenaventura, du Choco et d'Esmeraldas; dans ce pays couvert de forêts qu'on ne pénètre qu'à la faveur de la multitude de rivières dont il est sillonné, les pluies sont presque continuelles. Dans l'intérieur du Choco, il ne se passe pas un jour sans pleuvoir. Au delà de Tumbez, vers Payta, commence un ordre de choses entièrement différent : les forêts ont disparu ; le sol est sablonneux, la culture à peu près nulle. Ici, la pluie est en quelque sorte inconnue. Lorsque je me trouvais à Payta, il y avait, au dire des habitants, dix-sept ans qu'il n'avait plu.

Dans la proximité du désert de *Sechura*, dans le voisinage de Lima, il pleut très-rarement : dans ces contrées les pluies y sont aussi rares que les arbres.

Ainsi, dans le Choco, dont le sol est couvert de forêts, il pleut toujours; sur la côte du Pérou, dont le terrain est sablonneux, dénué d'arbres, privé de verdure, il ne pleut pas; et cela, comme je l'ai dit sous l'influence d'une même température. Piura n'est pas d'ailleurs plus éloigné des andes de l'Assuay que ne le sont les plaines humides du Choco de la Cordilière occidentale.

Les faits que j'ai exposés semblent établir :

1° Que les grands défrichements diminuent la quantité des eaux vives qui coulent à la surface d'un pays;

2° Qu'il est impossible de dire si cette diminution est due à une moindre quantité annuelle de pluie, à une plus grande évaporation des eaux pluviales, ou à ces deux effets combinés;

3° Que la quantité d'eaux vives ne paraît pas avoir varié dans les contrées qui n'ont subi aucuns changements dus à la culture;

4° Qu'indépendamment de la conservation des eaux vives, et en mettant un obstacle à l'évaporation, les forêts en ménagent et en régularisent l'écoulement;

5° Que la culture établie dans un pays aride et non couvert de forêts dissipe une partie des eaux courantes;

6° Que par des déboisements purement locaux, des sources peuvent disparaître, sans qu'on soit en droit de conclure que la quantité annuelle de pluie ait diminué;

7° Qu'en se fondant sur des faits météorologiques recueillis dans les régions équinoxiales, il y a lieu de présumer que les défrichements diminuent la quantité annuelle de pluie.

FIN DU DEUXIÈME ET DERNIER VOLUME.

SBN 607265

60726

Digitized by Google

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE 3e VOLUME.

	Pages
CHAPITRE IX. Des engrais minéraux	1
Chaux ; son extraction	2
Chaux grasse	5
Chaux hydraulique	5
Chaux maigre	6
Analyse d'une pierre calcaire	6
Composition de diverses pierres calcaires	8
Action de l'air humide sur la chaux	11
Diverses manières d'appliquer la chaux ; son action	13
Marne	16
Effets mécaniques et chimiques de la marne	18
Matières azotées dans la marne	18
Proportions dans lesquelles la marne est employée	21
Plâtre	25
Action du plâtre sur la végétation	29
Cultures comparées de diverses plantes sur un sol plâtré et non plâtré	34
Théories proposées pour expliquer l'action fertilisante du plâtre	38
Expériences entreprises pour préciser l'action du plâtre sur les plantes sarclées et sur les céréales	44
Analyse des cendres du trèfle récolté avant et après le plâtrage	49
Recherche spéciale du soufre dans les cendres du trèfle plâtré et du trèfle non plâtré	58
Cendres de tourbes ; leur composition	63
Cendres de houilles	70
Cendres de varechs	71
Sel marin	73
Nitrate de potasse	74
Ammoniaque contenue dans le sol	77

Pages.
CHAPITRE X. Valeur comparée des engrais dérivés des corps organisés..... 83
Composition du fumier..... 87
Expériences sur la valeur relative des engrais..... 88
Expériences comparatives sur le nitrate de soude et les sels ammoniacaux..... 92
Equivalents des engrais..... 94
Rôles que jouent dans la végétation divers sels ammoniacaux..... 99
Actions différentes que les sels calcaires exercent sur les sels ammoniacaux suivant leur état d'hydratation..... 104
Engrais industriels..... 112
Tableau de la valeur comparée des engrais..... 116
CHAPITRE XI. Des eaux..... 127
Analyse des eaux des environs de Paris..... 134
Composition de diverses eaux potables..... 136
Composition des eaux du Rhône et de ses affluents..... 138
Composition de diverses eaux de puits..... 139
Composition des eaux du département de la Loire-Inférieure..... 140
Limon déposé par le Rhône à diverses époques de l'année..... 143
CHAPITRE XII. Des assolements..... 145
§ 1. De la matière organique des engrais et des récoltes..... 145
Composition élémentaire des récoltes..... 176
Composition élémentaire du fumier..... 178
Assolements de 5 ans..... 184
Culture du topinambour pendant une année..... 188
Assolement quatriennal..... 189
§ 2. Développement successif de la matière végétale..... 193
§ 3. Résidus des récoltes..... 200
Composition élémentaire des résidus des récoltes..... 206
§ 4. De la matière minérale contenue dans les engrais et dans les récoltes..... 209
Composition des cendres provenant des plantes récoltées..... 213
Substances minérales enlevées au sol par diverses cultures faites sur un hectare..... 215
CHAPITRE XIII. De la prairie..... 236
Entretien d'une prairie..... 238
Irrigations..... 239
Submersions..... 241
Submersions naturelles..... 243
Warping..... 249
Rendement moyen des prairies..... 252
CHAPITRE XIV. De l'alimentation des animaux annexés à la ferme..... 255
Ration d'entretien..... 255
Effets de la diète..... 257

Digitized by Google

Pages.

Expérience sur une tourterelle soumise à une diète rigoureuse... 258
Identité de la composition chimique de certaines substances d'origine végétale et d'origine animale..... 259
Principes essentiels de l'aliment normal des herbivores..... 260
Principe fondamental de l'alimentation..... 261
Faculté nutritive des végétaux proportionnelle à la quantité d'azote. 263
Rôle que jouent dans la nutrition les substances non azotées digestibles..... 271
Expérience indiquant la proportion de subtances albumineuses nécessaire à l'entretien de la vie..... 275
Calcul d'un équivalent absolu..... 278
Exemple pour montrer l'utilité dans l'alimentation, des éléments digestifs non azotés..... 281
Méthode générale pour étudier la valeur nutritive comparée des aliments..... 293
Expériences sur l'alimentation des chevaux entretenus avec une nourriture mixte..... 300
Introduction des topinambours dans l'alimentation..... 303
Nourriture au foin et aux pommes de terre..... 303
Substitution de l'avoine et de la paille à une partie du foin..... 305
Pomme de terre substituée à une partie du foin..... 306
Topinambours substitués à une partie du foin..... 307
Introduction de la betterave dans la ration du cheval..... 308
Introduction du rutabaga dans la ration en remplacement d'une partie du foin..... 309
Introduction de la carotte dans la ration..... 310
Introduction du seigle cuit en remplacement de l'avoine..... 311
Résumé des expériences de la commission d'hygiène vétérinaire sur l'alimentation des chevaux de troupes..... 313
Substitution de l'avoine et de la paille au foin de la ration. — Nourriture avec un seul fourrage..... 313
Expériences sur la substitution du foin nouveau au foin ancien dans l'alimentation des chevaux de troupes..... 320
Expériences sur l'usage de l'avoine nouvelle..... 321
Expériences sur l'introduction des fourrages provenant des prairies artificielles dans la nourriture des chevaux de l'armée..... 323
Substitution des fourrages des prairies artificielles au foin dans la ration réglementaire..... 324
Nourriture exclusive avec la luzerne, le sainfoin et le trèfle..... 324
Nourriture exclusive avec les feuilles ou avec les tiges des foins de prairies artificielles..... 325
Foin de prairies artificielles substitué à la ration ordinaire..... 325
Foin des prairies artificielles substitué au foin ordinaire tout en conservant la paille et l'avoine dans la ration..... 326
Fourrages verts comparés aux fourrages fanés..... 327

Pages

Expériences sur une génisse..... 330
Fourrages trempés; expériences..... 333
Alimentation par les fourrages fermentés..... 336
De la matière inorganique des aliments..... 338
Recherches de la nature et de la proportion des éléments inorganiques assimilés pendant l'alimentation..... 340
Utilité des principes calcaires..... 348
Chaux et acide phosphorique contenus dans divers aliments..... 353
Tableau de la constitution des substances végétales alimentaires. 356
CHAPITRE XV. GÉNÉRALITÉS SUR LA DIGESTION ET SUR LA RESPIRATION. 364
Chyme..... 368
Suc gastrique..... 368
Chyle..... 369
Composition des gaz renfermés dans l'appareil digestif..... 370
Cause de la météorisation..... 371
Durée de la digestion chez divers animaux..... 372
Recherches sur l'intensité et la durée de l'absorption des matières ingérées..... 373
Respiration..... 377
Expériences sur la quantité de carbone brûlé durant la respiration de l'homme..... 377
Acide carbonique produit dans la respiration du cheval, de la vache et du porc..... 379
Sang; sa composition..... 392
Albumine..... 395
Fibrine..... 396
Urine..... 396
Urine des carnivores, des herbivores, des oiseaux et des serpents... 402
Tissu musculaire..... 404
Composition du bouillon..... 406
Action de l'eau sur la chair..... 407
Composition chimique de la chair musculaire..... 411
Tasajo..... 411
Tissu cellulaire..... 414
Gélatine; sa composition..... 415
Lait, son analyse, sa composition..... 416
Colostrum..... 419
Composition des cendres du lait de vache..... 420
Caseum..... 421
Sucre de lait; sa composition..... 422
Beurre, son extraction, sa conservation..... 423
Composition du lait de beurre..... 426
Rendement du lait en beurre..... 427
Composition du lait pris au commencement ou à la fin de la même traite..... 429

Pages.
Falsifications du lait..... 431
Composition élémentaire du lait..... 433
Fromage; sa préparation..... 433
Fromages de Roquefort, du Mont-d'Or, de Chester..... 436
Tissu osseux..... 438
Rapport entre la substance organique et la matière minérale du système osseux..... 439
Composition de la substance minérale des os..... 440
Développement du système osseux..... 440
Quantité de chaux assimilée pendant l'ossification..... 441
CHAPITRE XVI. — DE L'ÉCONOMIE DES ANIMAUX ANNEXES A L'INDUSTRIE AGRICOLE..... 445
De la production animale et de sa relation avec la formation des engrais..... 445
§ I. Bétail..... 449
Allaitement du veau..... 458
Observation sur l'augmentation du poids des veaux..... 463
Consommation du lait pendant l'élève des veaux..... 468
Équivalent absolu du lait..... 471
Observations sur l'accroissement du poids des bêtes à cornes..... 475
Ration alimentaire exigée par le bétail..... 479
Accroissement de poids vivant produit par une quantité donnée de fourrage..... 484
Influence du sel dans la nutrition du bétail..... 486
Sel marin contenu dans 100 kilog. de foin ou de fourrage..... 495
Aliments donnés à discrétion..... 496
Vaches laitières..... 506
Lait produit par une vache..... 510
Résultat du jaugeage du lait produit par sept vaches consommant par tête 15 kilogr. de foin par jour..... 512
Production du lait depuis l'instant où une vache a vêlé jusqu'au moment où l'on a cessé de la traire..... 516
Composition du lait obtenu sous l'influence de divers régimes... 522
Influence du sel marin sur la lactation..... 525
§ 3. Engraissement du bétail..... 528
Caractères que présentent les bêtes à cornes disposées à l'engraissement..... 528
Expériences sur l'accroissement de poids chez les bêtes à cornes soumises à des régimes alimentaires différents..... 532
Rapport existant entre le poids d'un animal vivant et la quantité de *chair nette* après l'abattage..... 543
Résultats de l'abattage des bœufs primés au concours de Poissy en 1846..... 546
Engraissement des moutons..... 547
Influence du sel marin sur l'engraissement des moutons..... 547

Pages.
§ 4. Des chevaux 551
Ration du cheval 553
Relation entre le poids du cheval et la quantité d'aliments qu'il consomme 556
Détermination de la rapidité de la croissance des chevaux 557
Aliments consommés par les poulains en état de croissance 559
CHAPITRE XVII. Des porcs 561
Considérations générales sur le développement de la graisse dans l'alimentation des animaux 561
Différentes espèces de porcs 561
Elève du porc 564
Résultats des expériences sur le développement des porcs pendant l'allaitement 568
Recherches sur la production de la graisse pendant l'alimentation 575
Engraissement des porcs 597
Engraissement des oies 604
Observations sur l'accroissement et l'engraissement du porc 618
Emploi du gland dans l'engraissement du porc 624
Résultats obtenus sur la ration d'entretien et l'accroissement de la race ovine 627
CHAPITRE XVIII. Relation entre la consommation des fourrages et la production du fumier 629
Fumier azoté résultant des aliments consommés dans la ferme 632
Rapport entre le poids des déjections rendues et celui des aliments consommés 639
CHAPITRE XIX. Travail exigé par les diverses cultures 647
Prix de revient des denrées exportables 647
Nombre des journées d'homme et des journées de cheval employées à exécuter les différentes façons, selon qu'elles sont faites dans un sol très-fortement argileux ou dans une terre meuble 649
Frais de culture, de récolte et du transport des produits d'un hectare de prairie 653
Frais de culture d'un hectare de pommes de terre, y compris la main d'œuvre de la fumure, servant aussi aux soles qui succèdent à la plante sarclée 653
Frais de culture de la betterave sur un hectare, y compris la main d'œuvre de la fumure pour les soles suivantes 654
Frais de culture du froment sur un hectare, y compris la rentrée et le battage à la machine 654
Frais de culture d'un hectare de trèfle, fanage et rentrée 655
Frais de culture d'un hectare en avoine, y compris la rentrée, le battage 655
Valeur du fumier 656
CHAPITRE XX. Considérations météorologiques 669

Pages.

§ 1. Température 669
§ 2. Décroissement de la température dans l'atmosphère 682
Température moyenne déterminée à différentes hauteurs dans les cordilières 684
Limite inférieure des neiges perpétuelles 687
§ 3. Circonstances météorologiques sous lesquelles végètent certaines plantes dans des climats différents 690
Culture du froment en Europe 692
Culture du froment en Amérique 693
Culture de l'orge 695
Culture du maïs 697
Culture de la pomme de terre 699
Culture de l'indigotier 701
Observations faites dans les cordilières intertropicales sur le maximum et le minimum de température propre à favoriser la maturation de diverses plantes 705
§ 4. Refroidissement nocture, rosée, pluie 706
Observations faites sur le rayonnement nocturne à diverses hauteurs dans les cordilières 709
Effet du rayonnement sur la végétation 710
Observations sur l'abaissement de température produit par le rayonnement d'un sol recouvert de neige 713
Rosée 716
Pluie 720
Influence des orages sur la fixation de l'azote de l'air dans les êtres organisés 724
Répartition mensuelle de la pluie dans différentes contrées 729
§ 5. De l'influence des défrichements sur la diminution des cours d'eau 730

FIN DE LA TABLE DU DEUXIÈME VOLUME.

Digitized by Google

TABLE.

CHAPITRES CONTENUS DANS LE TOME SECOND.

CHAP. IX. Des engrais minéraux. 2
— X. Valeur comparée des engrais dérivés des corps organisés. 81
— XI. Des eaux. 127
— XII. Des assolements. 145
— XIII. De la prairie. 236
— XIV. De l'alimentation des animaux annexés à la ferme. 255
— XV. Généralités sur la digestion et sur la respiration. 364
— XVI. De l'économie des animaux annexés à l'industrie agricole. 445
— XVII. Des porcs ; développement de la graisse dans l'alimentation des animaux. . 559
— XVIII. Relations entre la consommation des fourrages et la production des fumiers. 627
— XIX. Travail exigé par les diverses cultures. 645
— XX. Considérations météorologiques. . . . 667

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google